

Mon
664.117
L864
2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE SACAROSA EN EL TÁNDEM DE MOLINOS
DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN DEL INGENIO MONTE ROSA
ZAFRA (2011-2012)**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Kennia Lisbet López Martínez

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

Ing. Siyka Pashova

ASESOR:

Ing. Ronald Solís

Managua, Nicaragua 2013

Opinión del catedrático guía

Tengo el honor de presentar el trabajo monográfico **“Evaluación de pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos del área de extracción del Ingenio Monte Rosa”**, realizado por Br. Kennia Lisbet López Martínez. El estudio se realizó a escala real de operación, con un volumen de trabajo de 14,000 toneladas de caña procesada por día.

Considero que el trabajo realizado por Br. López es excelente, pues aporta muchos datos e información importantes, tanto a nivel práctico para el Ingenio Monte Rosa, como también para profundizar en los conocimientos de la operación unitaria extracción de la sacarosa, un producto de alto valor agregado.

Durante el desarrollo del trabajo la Br. López demostró mucha dedicación, habilidades y conocimientos, obtenidos en su formación durante el estudio de la carrera de Ingeniería Química y los aplicó de una forma extraordinaria para poder presentar de manera muy responsable y veraz los datos, resultados y conclusiones obtenidos.

Estoy segura de que esta evaluación será de gran utilidad para el Ingenio, tanto para la optimización del proceso de extracción de sacarosa, reducción de las pérdidas, como también en la toma de decisiones por parte de la Gerencia del Ingenio Monte Rosa para incidir en obtener mayores utilidades.

El presente trabajo cumple con los requisitos académicos que requiere un trabajo monográfico y solicito por lo antes expuesto al honorable jurado se extienda una excelente valoración y otorgar a la Br. López el título Ingeniero Químico

MBA.Ing. Siyka Ivanova Pashova
Tutora

Resumen

Esta evaluación se ha realizado debido a la necesidad de determinar las pérdidas de sacarosa por inversión en los jugos de caña extraída en el tándem de molinos del ingenio Monte Rosa a través de un seguimiento minucioso desde la calidad de la caña hasta la obtención de los jugos.

Se recolectaron muestras de jugo en el tándem de molinos para conocer los puntos más críticos de contaminación producida por la carga microbiana. A las muestras se les realizó análisis de porcentaje de azúcares reductores, porcentaje de Glucobrix, caída de pureza, temperatura, pH y porcentaje de Dextrana con el propósito de determinar la incidencia que tienen estos parámetros físico-químicos en la calidad de los jugos y calcular las pérdidas generadas a causa de la inversión de la sacarosa antes de la aplicación del bactericida Magnacide D. A los resultados se les aplicó análisis de varianza para determinar la significancia de los factores sobre la cantidad de sacarosa extraída.

Conociendo los puntos críticos de contaminación microbiana se aplicó bactericida Magnacide D el cual se suministro constantemente durante el ciclo del proceso de extracción, es decir a escala real. Se colocaron dos bombas de dosificación: una en la entrada del molino 1 y la otra en el tanque de jugo crudo para disminuir las pérdidas de sacarosa, evaluando si la aplicación del bactericida Magnacide D es efectivo. Se aplicó un total de 50 ml por minutos del bactericida a través de diferentes dosificaciones: 25 ml/min en la entrada del molino 1 y 25 ml/min en el tanque de jugo crudo (25-25 ml/min), 30 ml/min en la entrada del molino 1 y 20 ml/min en el tanque de jugo crudo (30-20 ml/min), 50 ml/min en la entrada del molino 1 y 0 ml/min en el tanque de jugo crudo (50-0 ml/min) de Magnacide D.

Con la aplicación de Magnacide D, el porcentaje de Dextrana disminuye de 82% a 68%. Este parámetro físico-químico permite cuantificar las pérdidas de sacarosa por inversión debido a la carga microbiana. Las pérdidas por formación de Dextrana se producen en mayor proporción en la caña de corte mecanizado (54%) en comparación con la caña de corte manual (24%). Se calculó que por formación de Dextrana se pierden 574.08 libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) de sacarosa para la caña de corte manual y 1390 libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) para el corte mecanizado. Se cuantificó que por formación de azúcares reductores se pierden 1.53 libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) de sacarosa para la caña de corte manual y 1.17 libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) para la caña de corte mecanizado. Estas pérdidas de sacarosa se realizaron en base a que se procesaban 14,000.00 toneladas de caña por día.

La aplicación de 30 ml de Magnacide D en la entrada del molino 1 y 20 ml en el tanque de jugo crudo, o sea la dosificación 30-20 es la mejor combinación para disminuir las pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos. Con esta dosificación se pueden reducir las pérdidas de sacarosa totales a un 36.99%.

Dedicatoria

**A mi madre
la bendición más grande que Dios me ha dado,
que en las circunstancias de la vida buena o mala,
ha sido mi fortaleza enseñándome a convertir toda situación difícil
en arma para triunfar, siendo el único ser sin dudar ni un instante de mí.**

Agradecimiento

A Dios mi creador fuente de paz y amor, que me has dado la oportunidad de vivir una vez más, después que mis ojos no mirarían la luz de este mundo.

A María Eugenia Martínez Salmerón (mi madre) por apoyarme en cada instante de mi vida.

Al Ingenio Monte Rosa, especialmente al Ingeniero Manuel Espinoza López por abrir las puertas y facilitar las condiciones necesarias para lograr esta investigación.

Al Ingeniero Ronald Solís, por ser mi asesor durante mi estadía dentro de la empresa, creando lazos de amistad y confianza que cultivaron inspiración y curiosidad del mundo azucarero, guiándome en el desarrollo y culminación de la evaluación todo un ejemplar a seguir.

A mi tutora Ingeniera Siyka Pashova, por su apoyo incondicional en la realización de este documento

Al Ingeniero Lesvin Ulloa por hacerme ver que el mundo azucarero requiere de perseverancia.

Al Ingenio Freddy Alonso por brindarme un ámbito azucarero como si fuera mi segundo hogar.

Al Ingeniero Néstor Javier Hernández y Don Álvaro Guerrido, por la amistad y la confianza porque creyeron siempre en mí y en el éxito de la evaluación

Al licenciado Gumer Palma e Ingeniero Fanuel Vaquez por compartir sus conocimientos de análisis de laboratorio.

Al Ingeniero Byron Bustamante por ser un fiel amigo y conquistar la oportunidad de conocer el mundo azucarero, más que una acción es una promesa.

Índice

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. OBJETIVOS	5
V. MARCO TEÓRICO	6
5.1. Generalidades del proceso de Produccion de Azucar.....	6
5.2. Caña.....	6
5.2.1. Tipos de caña según su cosecha.....	6
5.2.2. Fibra de caña o fibra seca.....	6
5.2.3. Jugo.....	6
5.2.4. Azucares.....	6
5.2.4.1. Sacarosa.....	6
5.2.4.1.1. Pureza.....	7
5.2.4.1.2. Brix.....	7
5.2.4.1.3. Pol.....	7
5.2.4.2. Azucares Reductores.....	7
5.2.4.2.1. Fructosa.....	8
5.2.4.2.2 Glucosa.....	8
Es la relación de: (% de azucares reductores/ % de Brix) (100).....	8
5.2.5. Sales.....	8
5.2.5.1. Ácidos Inorgánicos.....	8
5.2.5.2. Ácidos Orgánicos.....	8
5.3. Inversión.....	9
5.4.1. Deterioro Físico.....	10
5.4.2. Deterioro Enzimático.....	10
5.4.3. Deterioro Químico.....	10
5.4.3.1. pH y acidez.....	10
5.4.4. Deterioro Microbiano.....	11
5.4.4.1. Microorganismos de la caña.....	12
5.4.4.1.1. Bacterias.....	12
5.4.4.1.2. Levaduras.....	12
5.4.4.1.3. Mohos.....	12
5.4.4.1.4. Leuconostoc Mesenteroides.....	12
5.4.4.1.5. Dextranas.....	13
5.5. Tipos de pérdidas.....	14
5.6. Extracción.....	15
5.6.1. Funciones de la extracción básicas de un Tándem.....	15
5.6.2. Eficiencia de las extracciones de los Tándem de molienda.....	16
5.6.3. Operaciones del Tándem son:.....	16
5.6.3.1. Compresión.....	16
5.6.3.2. Imbibición.....	16
5.6.4. Tipos de Imbibición.....	16
5.6.4.1. Imbibición Simple.....	16
5.6.4.2. Imbibición Compuesta.....	16
5.6.4.2.1. Imbibición Simple Múltiple.....	16
5.6.4.2.2. Imbibiciones Compuestas múltiples.....	17
5.6.5. Presión seca.....	17
5.6.6. Presión Húmeda.....	17

5.6.7. Influencia de la temperatura del agua de imbibición y el tiempo de contacto en el conductor de bagazo en el proceso de extracción en los molinos	18
5.7. Proceso de Extracción de Sacarosa de la caña de Azúcar	18
5.7.1. Proceso de molienda.....	19
5.7.2. Picar caña	19
5.7.3. Separación de Fragmentos metálicos	19
5.7.4. Molienda.....	19
5.7.4.1. Extracción de jugo en el primer molino.....	19
5.7.4.2. Extracción de jugo en el segundo Molino.....	19
5.7.4.3. Extracción de jugo en el tercer Molino.....	19
5.7.4.4. Extracción de jugo en el cuarto Molino.....	20
5.7.4.5. Extracción de jugo en el quinto Molino	20
5.7.4.6. Filtración y Almacenamiento.....	20
VI. METODOLOGÍA.....	22
6.1. Descripción de la evaluación.....	22
6.2. Definición del foco de Mejora.....	22
6.3. Medición de carga microbiana	22
6.3.1. Toma de muestra para la medición de carga microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	24
6.4. Mediciones de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.....	29
6.4.1. Toma de muestra para la recolección de datos para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida.....	29
6.5. Dosificación del Bactericida Magnacide D.....	33
6.5.1. Dosificación de Magnacide D en la entrada del molino 1 (B1)	33
6.5.2. Dosificación de Magnacide D en el tanque recolector de Jugo Crudo (B2)	34
6.5.3. Dosificaciones de Magnacide D a evaluar	35
6.5.4. Cálculos de los principios activos de Magnacide D.....	35
6.6. Diseño de Experimento para la medición de jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida.....	37
6.6.1. Diseño de Experimento sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	38
6.6.1.1. Factores y niveles del Diseño Factorial 2^2	38
6.6.1.2. Desarrollo de la matriz factorial o arreglo factorial 2^2	38
6.6.1.3. Número de muestras a recolectar para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida para el diseño factorial 2^2	39
6.6.1.4. Aleatorización del diseño factorial 2^2	39
6.6.1.5. Repetición del diseño factorial 2^2	39
6.6.1.6. Bloqueo del diseño factorial 2^2	40
6.6.1.7. Hipótesis.....	40
6.6.2. Diseño de experimento con aplicación de Magnacide D	40
6.6.2.1. Factores y niveles del Diseño Factorial 3×2^2	40
6.6.2.2. Desarrollo de la matriz factorial o arreglo factorial 3×2^2	42
6.6.2.3. Número de muestras a recolectar para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D para el diseño factorial 3×2^2	42
6.6.2.4. Aleatorización del diseño factorial 3×2^2	43
6.6.2.5. Repetición del diseño factorial 3×2^2	43
6.6.2.6. Bloqueo del diseño factorial 3×2^2	43
6.6.2.7. Hipótesis.....	44
6.7. Análisis de Datos.....	44
6.7.1. Histograma.....	44
6.7.2. Diagrama de caja	46
6.7.3. Diagrama de iteración y efectos principales	46
6.7.4. Análisis de Anova para el diseño factorial 2^2	46

6.7.5. Análisis de Anova para el diseño factorial 3×2^2	47
6.7.6. Graficos de media para el diseño de experimento 3×2^2	47
6.7.7. Cálculos económicos de las pérdidas de sacarosa	48
VII. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	49
7.1. Pérdidas de sacarosa sin aplicación de bactericida Magnacide D	49
7.1.1 Pérdidas de sacarosa por inversión ácida sin aplicación de bactericida.....	49
7.1.1.1 Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores sin aplicación de Magnacide D.....	52
7.1.1.2. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	55
7.1.1.3. Análisis Anova para caída de pureza sin aplicación de Magnacide D	55
7.1.2. Pérdidas de sacarosa por carga microbiana sin aplicación de bactericida	56
7.1.2.1. Análisis de Anova para la temperatura sin aplicación de Magnacide D.....	56
7.1.2.2. Análisis de Anova para la acidez sin aplicación de Magnacide D.....	58
7.1.2.3. Análisis de Anova para Formación de Dextrana sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	60
7.2. Pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida Magnacide D	64
7.2.1. Pérdidas de sacarosa por inversión ácida con aplicación de bactericida.....	65
7.2.1.1. Análisis de para Anova para porcentaje de azúcares reductores con aplicación de bactericida Magnacide D.....	65
7.2.1.2. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix con aplicación de bactericida Magnacide D.....	67
7.2.1.3. Análisis de Anova para caída de pureza con aplicación de bactericida Magnacide D.	69
7.2.2. Pérdidas de sacarosa por carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D .	70
7.2.2.1. Análisis de Anova para temperatura con aplicación de Magnacide D.....	70
7.2.2.2. Análisis de Anova para acidez con aplicación de Magnacide D.....	71
7.2.2.3. Análisis de Anova para formación de porcentaje de Dextrana con aplicación de Magnacide D.....	72
7.3. Pérdidas financieras	74
7.4. Control de carga Microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	76
7.4.1. Control de carga microbiana sin aplicación de bactericida: situación actual	76
7.4.2. Control de carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D.	76
7.5. Variables Cualitativas.....	77
VIII. CONCLUSIONES	85
IX. RECOMENDACIONES	87
X. BIBLIOGRAFIA.....	88
XI. NOMENCLATURA	89
XII. GLOSARIO	91
XIII. ANEXO	92
A. Métodos de medición de parámetros físicos-químicos	93
A.1. Medición de pH.....	93
A.2. Medición de Análisis de Brix por refractometría.....	94
A.3. Medición para el ensayo de Pol de productos en proceso	95
A.4. Medición de análisis de azúcares reductores en jugos.....	96
A.5. Determinación de Dextrana en jugo primario y diluido.....	100
B. Flujograma del proceso de extracción de jugo de caña de azúcar para la obtención de sacarosa	104
C. Histogramas de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en libras por toneladas cortas métricas de caña molida (lb/tcm) sin aplicación de bactericida Magnacide D.	105

C.1. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares (%AR) en lb/130.79 ton del corte manual para el jugo primario sin aplicación de bactericida Magnacide D	105
C.3. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en lb/130.79 ton del corte manual para el jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D	106
C.4. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en lb/153.22 ton del corte mecanizado para el jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D	106
C.5. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores sin aplicación de bactericida Magnacide D	107
D. Histogramas de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en toneladas métricas cortas de caña molida (lb/ton) sin aplicación de bactericida Magnacide D	107
D.1. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en lb/142.01 ton para jugo primario sin aplicación de bactericida	107
D.2. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en lb/142.01 ton para jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D	108
D.3. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana sin aplicación de bactericida Magnacide D	108
E. Gráficos de efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida Magnacide D.	109
E.1. Efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa por inversión ácida con aplicación de bactericida Magnacide D	109
E.1.1. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión ácida por formación de azúcares reductores (%AR) con bactericida Magnacide D	109
E.1.2. Iteración de pérdidas de sacarosa por inversión ácida por formación de azúcares reductores (%AR) con aplicación de bactericida Magnacide D	109
E.1.3. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 123.23 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	110
E.1.4. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 123.23 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	110
E.1.5. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 134.51 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	110
E.1.6. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 134.51 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	110
E.1.7. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	111
E.1.8. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	111
E.1.9. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	111
E.1.10. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	111
E.1.11. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 128.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)	112

E.1.12. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 128.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR).....	112
E.1.13. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 127.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR).....	112
E.1.14. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 127.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR).....	112
E.1.15. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la formación de glucobrix (%Gbrx) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	113
E.1.16. Iteraciones de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la formación de porcentaje de glucobrix (%Gbrx) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	113
E.1.17 Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la caída de pureza (Cp) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	114
E.1.18. Iteración de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la caída de pureza (Cp) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	114
E.2. Efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa por carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D.....	115
E.2.1. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a influencia de la temperatura (t°C) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	115
E.2.2. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la influencia de la temperatura (t°C) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	115
E.2.3. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la acidez (pH) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	116
E.2.4. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la acidez (pH) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	116
E.2.5. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana por la formación de Dextrana (%Dext.) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	117
E.2.6. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana por la formación de Dextrana (%Dext.) con aplicación de bactericida Magnacide D.....	117
E.2.7. Pérdidas de sacarosa en libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario (lb/140.95 tcm-MQ-jp) con aplicación de Magnacide D por formación de dextrana (%Dext.).....	118
E.2.8. Pérdidas de sacarosa en libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido (lb/140.95 tcm-MQ-jd) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.).....	118
E.2.9. Pérdidas de sacarosa en libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario (lb/ 131.72 tcm-MV-jp) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.).....	119
E.2.10. Pérdidas de sacarosa en libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido (lb/ 131.72tcm-MQ-jd) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.).....	119
F. Ecuaciones de balance de masa para el cálculo de pérdidas de sacarosa en lb/tcm.....	120
F.1. Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la formación de azúcares reductores en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) para realizar las pérdidas financieras.....	120
F.1.1.Ecuaciones para el cálculo de azúcares reductores para las pérdidas de sacarosa en el jugo primario (jp).....	120
F.1.2.Ecuaciones para el cálculo de azúcares reductores para las pérdidas de sacarosa en el jugo diluido (jd).....	121
F.2. Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la formación de Dextrana en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm).....	122

F.2.1.Ecuaciones para el cálculo de Dextrana de las pérdidas de sacarosa en el jugo primario (jp).....	122
F.2.1.Ecuaciones para el cálculo de Dextrana de las pérdidas de sacarosa en el jugo diluido (jd).....	123
G. Balance de masa del proceso de Extracción para la obtención de sacarosa.....	124
H. Análisis de Carga Microbiana.....	125
H.1. Análisis de carga microbiana sin aplicación de bactericida	125
H.2. Análisis de carga microbiana con aplicación de bactericida.....	125

Indicé de Tablas

Contenido.....	Página
Tabla 1. Composición de la caña de azúcar y de los sólidos del guarapo.....	7
Tabla 2. Materiales utilizados para la recolección de las muestras de medición de carga microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.....	25
Tabla 3. Puntos para la medición de carga microbiana y tipos de análisis con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.	26
Tabla 4. Puntos de muestreo para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.	31
Tabla 5. Materiales utilizados para la recolección de muestras para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.....	31
Tabla 6. Dosificaciones de Magnacide D que se evaluaron	35
Tabla 7. Límites según CFR para los principios activos para la dosificación de Magnacide D.	35
Tabla 8. Factores cualitativos y cuantitativos de pérdidas de sacarosa sin y con aplicación de Magnacide D.....	37
Tabla 9. Diseño factorial 2^2 para la medición de caña, jugo primario y diluido sin bactericida Magnacide D.	38
Tabla 10. Clasificación de las muestras recolectadas para la medición de parámetros físicos-químicos sin bactericida Magnacide D para el diseño factorial 2^2	39
Tabla 11. Variables repuestas del diseño factorial 2^2 : parámetros físicos-químicos sin bactericida Magnacide D.....	40
Tabla 12. Orden de aleatorización, repetición y bloqueo del diseño factorial 2^2	41
Tabla 13. Diseño factorial 3×2^2 para la medición de caña, jugo primario y diluido con bactericida Magnacide D.	42
Tabla 14. Clasificación de las muestras a recolectar para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D para el diseño factorial 3×2^2	43
Tabla 15. Variables repuestas del diseño factorial 3×2^2 : parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D.....	44
Tabla 16. Orden de aleatorización, repetición y bloqueo del diseño factorial 3×2^2	45
Tabla 17. Histogramas	46
Tabla 18. Diagrama de caja.....	46
Tabla 19. Diagrama de iteración.....	47
Tabla 20. Anova para el diseño factorial 2^2	47
Tabla 21. Anovas para las variables repuestas del diseño factorial 2^2	47
Tabla 22. Anova para el diseño factorial 3×2^2	48
Tabla 23. Anovas a realizar para las variables repuestas del diseño factorial 3×2^2	48
Tabla 24. Variables repuestas: situación del proceso antes de la aplicación de bactericida Magnacide D.....	50-51
Tabla 25. Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores(%AR) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	57
Tabla 26. Tipo de corte para %AR sin bactericida (SB).....	57
Tabla 27. Tipo de jugo para %AR sin bactericida. (SB).....	57
Tabla 28. Pérdidas de sacarosa totales por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario (lb/130.79 tcm-MQ-jp) para azúcares reductores sin bactericida.....	53
Tabla 29. Pérdidas de sacarosa totales por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido (lb/130.79 tcm-MQ-jd) para azúcares reductores sin bactericida.....	53
Tabla 30. Pérdidas de sacarosa totales por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario (lb/153.22tcm-MV-jp) para azúcares reductores sin bactericida.....	54
Tabla 31. Pérdidas de sacarosa totales por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizada para el jugo diluido (lb/ 153.22 tcm-MV-jd) para azúcares reductores sin bactericida.....	54

Tabla 32. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix(%Gbrix) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	55
Tabla 33. Tipo de corte para %Gbrix sin bactericida (SB).....	55
Tabla 34. Tipo de jugo para %Gbrix sin bactericida (SB).....	55
Tabla 35. Análisis de Anova para caída de pureza(cp) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	55
Tabla 36. Tipo de corte para cp sin bactericida (SB).....	55
Tabla 37. Tipo de jugo para cp sin bactericida (SB).....	55
Tabla 38. Tipo de corte para temperatura sin bactericida (SB).....	57
Tabla 39. Tipo de jugo para temperatura sin bactericida (SB).....	57
Tabla 40. Análisis de Anova para caída de temperatura(t°C) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	57
Tabla 41. Tipo de corte para pH sin bactericida (SB).....	59
Tabla 42. Tipo de jugo para pH sin bactericida (SB).....	59
Tabla 43. Análisis de Anova para acidez (pH) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	59
Tabla 44. Tipo de corte para % Dextrana sin bactericida.....	61
Tabla 45. Tipo de jugo para % Dextrana sin bactericida.....	61
Tabla 46. Análisis de Anova para porcentaje de Dextrana(%Dext) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj) sin bactericida.....	61
Tabla 47. Pérdidas de sacarosa en libra por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida para el jugo diluido (lb/142.01 tom-jd) por formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D 62	62
Tabla 48. Pérdidas de sacarosa en libra por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida para el jugo diluido (lb/142.01 tom-jd) por formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D63	63
Tabla 49. Variables repuestas: situación del proceso después de aplicación de Magnacide D	64-65
Tabla 50. Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores (% AR) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	66
Tabla 51. Media de desviación estándar agrupada del análisis Anova de porcentaje de azúcares reductores (% AR) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	67
Tabla 52. Cálculo de las medias de desviación estándar agrupada de pérdidas de sacarosa para el factor tipo de jugo por formación de azúcares reductores con bactericida	67
Tabla 53. Cálculo de las media de desviación estándar agrupada de pérdidas de sacarosa para el factor tipo de corte por formación de azúcares reductores con bactericida	67
Tabla 54. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix(% Gbrix) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	68
Tabla 55. Media de desviación estándar agrupada para porcentaje de glucobrix (% Gbrix) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.....	68
Tabla 56. Análisis de porcentaje de caída de pureza(cp) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	69
Tabla 57. Media de desviación estándar agrupada para porcentaje de caída de pureza (cp) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.....	69
Tabla 58. Análisis de Anova para temperatura(t°C) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	70
Tabla 59. Media de desviación estándar agrupada para temperatura (t°C) ,tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D	70
Tabla 60. Análisis de Anova para acidez (pH) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	71
Tabla 61. Media de desviación estándar agrupada para acidez (pH) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	71
Tabla 62. Análisis de Anova para formación de porcentaje de Dextrana(%Dext.) vs. tipo de corte(tc), tipo de jugo(tj), dosificación Magnacide D.....	72
Tabla 63. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%Dext.) vs. tipo de corte (tc), dosificación Magnacide D	72
Tabla 64. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%Dext.) antes y después de aplicar Magnacide D según el tipo de corte de caña.....	73

Tabla 65. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%Dext.) vs.tipo de corte(tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D	73
Tabla 66. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%Dext.) vs.tipo de jugo(tj), tipo de corte (tc), con aplicación de Magnacide	74
Tabla 67. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%Dext.) vs.tipo de jugo(tj), tipo de corte (tc) sin aplicación de Magnacide D.....	74
Tabla 68. Comparación de las Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana(%dext.) vs.tipo de jugo(tj), tipo de corte (tc) con y sin aplicación de Magnacide D	74
Tabla 69. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por inversión acida debido a la formación de azúcares reductores sin bactericida Magnacide D.....	75
Tabla 70. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por carga microbiana debido a la formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D.....	75
Tabla 71. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por inversión acida debido a la formación de azúcares reductores con bactericida Magnacide D.....	75
Tabla 72. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por carga microbiaba debido a la formación de Dextrana con bactericida Magnacide D.....	75
Tabla 73. Valores promedios de las variables cualitativas y cuantitativas para las muestras de jugo sin bactericida.....	78
Tabla 74. Valores promedios de las variables cualitativas y cuantitativas para las muestras de jugo con bactericida.....	78

Indicé de Figuras

Contenido.....	Página
Figura 1. Representación de las formulas empíricas (a) y espacial de las formas cíclicas de la glucosa (b) y la fructosa y la condensación de ambas para formar la sacarosa	9
Figura 2. Representación espacial de las forma abiertas de la glucosa (a) y la fructosa (b).....	9
Figura 3. Inversión de la sacarosa por hora a diferentes temperatura y pH.	7
Figura 4. Estructura del polímero Dextrana.....	7
Figura 5. Imbibición compuesta multiple.....	7
Figura 6. Presión seca de los molinos	7
Figura 7. Diagrama de Bloque del proceso de Extracción del jugo de caña de azucar para obtención de sacarosa del ingenio Monte Rosa	21
Figura 8. Puntos de muestreo para el control microbiológico en el área de extracción.....	23
Figura 9. Diagrama de SIPOC del proceso de Extracción del jugo de caña de azucar para la obtención de sacarosa con los puntos de medición de carga microbiana	28
Figura 10. Diagrama de SIPOC de proceso de Extracción de la caña de azucar para obtención de de sacarosa con los puntos para la medición físico-químico de la caña ,jugo primario y jugo diluido antes y despues de aplicación de bactericida	32
Figura 11. Flujograma del proceso de Extracción de sacarosa de la caña de azucar con aplicación de Maganacid D y puntos de muestreo.....	36
Figura 12. Histograma de temperatura para corte de caña manual sin bactericida	56
Figura 13. Histograma de temperatura para corte de caña mecanizado sin bactericida	56
Figura 14. Iteración para temperatura SB.....	57
Figura 15. Iteración de caja para temperatura SB	57
Figura 16. Histograma de pH para corte de caña manual sin bactericida	58
Figura 17. Histograma de pH mecanizado de la caña mecanizado sin bactericida	58
Figura 18. Iteración para pH SB.....	59
Figura 19. Iteración de caja para pH SB	59
Figura 20. Histograma de porcentaje de dextrana para corte de caña manual	60
Figura 21. Histograma de porcentaje de dextrana para corte de caña mecanizado	60
Figura 22. Iteración de porcentaje de dextrana SB.....	61
Figura 23. Iteración de porcentaje de dextrana SB.....	61

I. INTRODUCCIÓN

El grupo azucarero Pantaleón-Monte Rosa es uno de los principales del sector agroindustrial del país Nicaragua. Para este importante sector de la economía, el crecimiento en la producción es fundamental para lograr la demanda del mercado. Siendo vital para este cumplimiento proyectos de investigación y desarrollo en la búsqueda de mecanismos continuos de optimización para obtener altos rendimientos de producción de sacarosa.

El proceso de obtención de sacarosa empieza en el campo con el cultivo de caña de azúcar que está constituida por jugos, en mayores porcentajes, y fibra. El jugo está compuesto por agua y sólidos solubles en agua, estos sólidos son la sacarosa en mayor cantidad y en menores cantidades glucosa, fructuosa, sales como ácidos inorgánicos-orgánicos y otros. La fibra o bagazo es la parte insoluble en el agua, está constituida por celulosa.

La obtención de niveles altos de sacarosa depende de múltiples factores, algunos relacionados con la planta de caña de azúcar en el campo como son: el clima, el suelo, disponibilidad de agua y nutrientes, la variedad sembrada, practicas agronómicas, presencia de enfermedades y plagas. Existen otros factores relacionados con los sistemas de obtención de la sacarosa en fábrica que de acuerdo a la eficiencia de estos sistemas se obtendrá un mayor rendimiento en la producción de sacarosa.

En el ingenio, las pérdidas de sacarosa se cuantifican mediante balances que tienen en cuenta la sacarosa que ingresa a la fábrica en la caña de azúcar, la sacarosa presente en los jugos obtenidos del proceso de molienda de la caña y la sacarosa que finalmente abandona la fabrica en el bagazo de caña.

La sacarosa no detectada mediante el balance se registra como pérdidas indeterminadas, las cuales se atribuyen a la actividad microbiológica y a parámetros físicos-químicos del proceso que favorecen la inversión de las moléculas de sacarosa en azúcares reductores y formación de Dextrana.

La caña de azúcar que se entrega a los molinos presenta una gran cantidad de microorganismos (bacterias, levaduras, mohos). La mayoría de estos microorganismos quedan en el jugo extraído. Si la temperatura es adecuada para su crecimiento estos producen gomas y otros productos metabólicos que provocan pérdidas de sacarosa en los jugos

El seguimiento del contenido de sacarosa tanto desde la caña en pie hasta los procesos fabriles es de gran importancia para el ingenio, razón por la cual, controlar y disminuir las pérdidas de sacarosa ha sido objeto de muchas investigación para el Ingenio Monte Rosa que se encuentra ubicado en la ciudad de Chinandega a 148 ½ km de la ciudad capital Managua sobre la carretera a Potosí en el municipio El Viejo.

Este ingenio está dividido en: área de generación de energía, área de generación de vapor y área de fábrica, esta última se divide en: área de extracción, área de tratamiento de jugo y área de recuperación de sacarosa.

La evaluación se realizó específicamente el tándem de molino del área de extracción el cual es el inicio de la cadena del proceso. Esta evaluación fue orientada a disminuir las pérdidas de sacarosa del área utilizando un bactericida llamado Magnacide D. La función de este producto químico es combatir microorganismos presentes en la caña. Este producto se agrego por medio de bombas dosificadoras que adicionaban el bactericida en forma constante a la caña.

Para verificar la efectividad del bactericida aplicado, fue necesario medir parámetros físicos-químicos y microbiológicos durante el proceso.

II. ANTECEDENTES

Los microorganismos contribuyen a reducir el rendimiento de la sacarosa. Ellos provocan altas caídas de pureza. En el Ingenio Monte Rosa la Gerencia del departamento de extracción ha implementado una serie de medidas de asepsia que se han efectuado en otros ingenios del grupo Pantaleón para tratar de disminuir la caída de pureza como:

- ✓ Aplicación de agua caliente y vapor de forma intermitente en el tándem.
- ✓ Adiestramiento preliminar a personal del ingenio en la realización de los primeros procedimientos para comenzar la sistematización del sistema
- ✓ Evaluación de la actividad microbiana en jugos y su incremento en el tándem.
- ✓ Evaluación de puntos críticos en el área de molinos identificando que los puntos críticos absolutos han sido los coladores del jugo, siendo el bagacillo resultante del mismo el producto con mayor carga microbiana, también se suma a estos puntos críticos el primer molino.
- ✓ Evaluación de bactericida Busan a 25 ppm disponibles en el ingenio y determinación de dosis de reducción de actividad microbiológica media para los jugos de caña.

Con estas medidas la caída de pureza no se ha logrado controlar. No se ha observado que exista variación entre aplicar y no aplicar bactericida. La dosis 25 ppm suministrada de bactericida es muy pequeña con respecto al volumen de jugo y no produce reducción de los microorganismos.

Según datos históricos el pH del jugo primario y el jugo diluido oscilan en un rango ácido de 5.4-5.7 lo que facilita la inversión de sacarosa. Por esto el departamento de extracción tomo la decisión de suministrar cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en las picadoras para disminuir la inversión de sacarosa y aumentar el pH del jugo, pero no sabían la dosificación de cal que debían suministrar en forma continua a los flujos de jugos.

En zafras pasadas el Departamento de Extracción utilizaba limpieza en húmedo y actualmente utilizan limpieza en seco, pero el área de extracción no posee datos comparativos que afirmen si el cambio de limpieza en húmedo a seco ha beneficiado la recuperación de sacarosa. Tampoco existen datos de medición del porcentaje de formación de Dextrana (%Dext) el cual es un parámetro físico-químico que se utiliza en la mayoría de los ingenios azucareros para calcular las pérdidas de sacarosa.

III. JUSTIFICACIÓN

Dentro de los parámetros a controlar en el área de extracción se encuentra la caída de pureza, que se define como la diferencia de pureza entre el jugo extraído del primer molino y el jugo diluido. La caída de pureza es una medición de pérdidas de sacarosa. La caída de pureza ha sido difícil de controlar en el Departamento de extracción, porque la dosificación de 25 ppm del bactericida Magnacide D que se ha aplicado es una cantidad mínima cuyo efecto no ha sido evaluado. La caída de pureza aumenta cuando se da la inactividad del bactericida por efecto de las variables: temperatura y pH, dando como resultado la glucólisis anaeróbica que provoca la disminución de la sacarosa por la fermentación y formación de Dextranas. Los porcentajes de Dextranas y bacterias ácidas lácticas se desconoce dado que no se realizan análisis. El deterioro microbiano no es el único problema presente, también está la inversión ácida, que causa pérdidas de sacarosa.

El área de extracción también tiene problema con la dosificación de cal al desconocer si es rentable suministrar o no, en base a cuanta sacarosa se puede recuperar y las posibles afectaciones que ocasionaría suministrar cal:

- Incrustaciones en la tubería al aumentar la dureza en el jugo.
- Mayor volumen de lodos removidos en los clarificadores.

A esta problemática se suma otro factor que se considera muy ligado con la caída de pureza como es Pol en Bagazo, cuyo valor no debe exceder de 1.82, valor meta para el ingenio Monte Rosa y que aun no se ha cumplido. Esto indica que el proceso de extracción de la sacarosa, en la etapa húmeda, aún requiere de un estudio teórico - experimental acerca del flujo de fluidos y de transferencia de masa. En estos momentos en el área de extracción prevalece el criterio mecánico, tanto en el diseño como en la operación para todos los molinos, aunque los procesos internos que ocurren en las etapas de extracción en seco y en húmedo son sustancialmente diferentes desde el punto de vista de la transferencia de masa.

Todos estos problemas proporcionan pérdidas de azúcar desde el inicio hasta la finalización de la etapa de extracción obteniendo jugos con menor cantidad de sacarosa y bagazos con altos contenidos porcentuales de Pol en fibra. Esto conlleva a pérdidas monetarias para la industria por lo que era importante conocer el impacto negativo que tiene el crecimiento de microorganismos en los molinos. Esta evaluación se hizo fundamental para determinar si la utilización de bactericida genera resultados positivos en el control de contaminación microbiana y la disminución de pérdidas de sacarosa en el área de extracción generando jugos de mejor calidad a las etapas posteriores.

IV. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar los factores que contribuyen a las pérdidas de sacarosa por carga microbiana en el Área de Extracción del Ingenio Monte Rosa.

Objetivos Específicos

1. Determinar la variación de las poblaciones de microorganismos *Aeróbicos Mesófilos*, *Coliformes Totales* y *Fecales*, *Mohos*, *Levaduras* y *Staphylococcus*, durante el recorrido del jugo en el tándem de molinos mediante muestreos puntuales.
2. Determinar pH, temperatura, concentraciones de *Dextranas*, porcentaje de azúcares reductores, porcentaje de Glucobrix y porcentaje de caída de pureza de los jugos primario y diluido para establecer correlaciones con los resultados microbiológicos.
3. Identificar los puntos críticos de contaminación por microorganismos para aplicar bactericida Magnacide D y evaluar su eficiencia.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades del proceso de Producción de Azúcar

La savia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, *s. spontaneum*, *s. sinense*) contiene alrededor de 17% de sacarosa, un carbohidrato disacárido de fórmula general $C_{12}H_{22}O_{11}$ compuesto de los monosacáridos D-glucosa y D-fructosa que se condensan entre sí formando por un proceso fotosintético de asimilación.

Mediante el proceso de extracción realizado en ingenios azucareros, se obtiene el jugo de caña que es purificado por medios físicos y químicos, evaporando luego el agua y separando los cristales de azúcar para obtener finalmente el azúcar comercial refinado, que contiene alrededor de 99.99 % de sacarosa.

5.2. Caña

Es la materia prima recibida por la fábrica y que incluye caña limpia, basura del campo, agua, etc. Al sustraer la basura del campo se obtiene *caña neta*. El tallo de la caña (libre de basura) está compuesto aproximadamente de 75 % de agua y el resto consiste en fibra de caña y sólidos solubles. La cantidad de cada uno de estos componentes depende de la variedad de caña. (Ver Tabla 1, pág. 7)

5.2.1. Tipos de caña según su cosecha

La caña madura con todo su cuerpo foliar que se corta sin ser quemada y es cortada por máquinas se conoce como caña mecanizada o verde. La caña en la que se hace una quema controlada para eliminar el follaje y facilitar el corte posterior por personas se conoce como caña manual o quemada.

5.2.2. Fibra de caña o fibra seca

Es la que está constituida por la celulosa, la cual es la parte seca insoluble en agua. (Ver Tabla 1, pág. 7)

5.2.3. Jugo

También conocido como guarapo o jugo del tallo de caña el cual es la parte soluble que contiene uno de los dos principales constituyentes químicos de la caña de azúcar. (Ver tabla 1, pág. 7)

5.2.4. Azúcares

5.2.4.1. Sacarosa

La sacarosa es el azúcar comercial de uso doméstico y es el azúcar más común en el reino vegetal. Es un disacárido soluble en agua que está formada por los azúcares monosacáridos, glucosa y fructosa, que se condensan para formar sacarosa y agua. Por lo tanto la sacarosa tiene la fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$ y un peso molecular de 342.3. Los cristales de sacarosa son prismas monoclinicos que tienen una densidad de 1.588, una solución al 26%(p/p) tienen una densidad de 1.18175 a 20° C. La sacarosa es ópticamente activa con rotación específica (+) + 66.53. Su punto de fusión es de 188°C (370°F) y se descompone al fundirse.

El índice de refracción es de 1.3740 .Es soluble tanto en agua como etanol. Cuando se hidroliza ya sea mediante un ácido o una invertasa, la sacarosa produce cantidades equimolares de glucosa y fructosa (Azúcares Reductores). (Ver figura 1, pág. 9)

Tabla 1. Composición de la caña de azúcar y de los sólidos del guarapo.

Caña triturada	Caña %
Agua	73-76
Sólidos	24-27
Sólidos Solubles (guarapo)	10-16
Sólidos insolubles (Fibra de Caña)	11-16
Componentes del guarapo	Sólidos Solubles %
Azúcares	75-92
Sacarosa	70-88
Glucosa	2-4
Fructuosa	2-4
Sales	3-4.5
Ácidos Inorgánicos	1.5-4.5
Ácidos Orgánicos	1-3.0
Ácidos carboxílicos	1.1-3.0
Aminoácidos	0.5-2.5
Otros no azúcares orgánicos	
Proteínas	0.5-0.6
Almidón	0.001-0.050
Gomas	0.30-0.60
Ceras	0.05-0.15

Fuente: James C.P Chem. Manual del azúcar

5.2.4.1.1. Pureza

La relación del porcentaje Pol entre porcentaje de Brix.

5.2.4.1.2 Brix

Determinan la concentración de sólidos disueltos en una solución de sacarosa, basándose en una relación entre los índices refractivos a 20°C y el porcentaje de masa total de sólidos solubles de una solución acuosa de sacarosa pura.

5.2.4.1.3. Pol

La sacarosa diluida goza de la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada. Esta propiedad se utiliza para determinar la riqueza de los jugos de caña mediante un aparato óptico llamado polarímetro, de donde se deriva la expresión POL. Este aparato envía un rayo de luz polarizado a través de una solución de sacarosa y mide la rotación de la luz después de pasar por el líquido.

5.2.4.2. Azúcares Reductores

Los azúcares reductores son el producto intermedio de la descomposición de la sacarosa en glucosa y fructuosa donde su poder reductor se debe al grupo de carbonilo que queda libre en su molécula y son el índice más empleados para la detección de pérdida de sacarosa en los jugos, sin embargo, estos azúcares son utilizados por la gran variedad de microorganismos encontrados en los jugos como fuente de carbono para desarrollarse y generar otros productos metabólicos

como etanol, ácidos orgánicos y CO_2 . Por esta razón, algunos autores sugieren la cuantificación de otros productos finales del metabolismo como el ácido láctico, que son indicadores más precisos de pérdidas de sacarosa por actividad microbiológica en el Tándem de molinos, pero se hace necesario realizar estudios que permitan tener criterios de selección entre los indicadores que muestran mayor correlación con el metabolismo de los microorganismos (McMaster, 1990; Ravno, 2001). Los azúcares reductores se miden con el parámetro físico-químico porcentaje de azúcares reductores utilizando el método de Eynon y Lane.

5.2.4.2.1. Fructosa

Es una cetosa también conocida como levulosa o azúcar de fruta. Que al igual que la glucosa es un azúcar reductor. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ que la glucosa pero con diferente estructura y peso molecular de 180.2. Los cristales ortorrómbicos de glucosa tienen una densidad de 1.598 y en una solución al 26% tiene una densidad de 1.1088. Los cristales funden a 105°C (221°F). La rotación específica inicial de $(\alpha)-132.2$ cambia a $(\alpha)-92.4$ en el equilibrio. Es muy soluble en agua y ligeramente soluble en etanol. Las moléculas de fructosa se polimerizan (se condensan) para formar levan e Inulina, un producto de almacenamiento. (Ver figura 1 y figura 2, pág. 9)

5.2.4.2.2 Glucosa

Conocida también como Dextrosa. Al igual que la fructuosa es un azúcar reductor. La fórmula empírica es $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ igual que la fructosa pero con estructura diferente y el peso molecular es 180.2. Los cristales anhidros de glucosa son rómbicos, se funde a 146°C y tiene una densidad de 1.544, en solución de 26% tiene una densidad de 1.10643. El monohidrato de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) produce cristales monoclínicos esfenoidales, un extremo que se disuelve con mucha mayor rapidez que el otro, se funde a 83°C (181°F). Es menos soluble en agua que la sacarosa. Es soluble en etanol e insoluble en éter. Las moléculas de glucosa se condensan para formar almidón, dextranas y celulosa. (Ver figura 1 y figura 2, pág. 9)

5.2.4.2.3. Glucobrix

Es la relación de: (% de azúcares reductores/ % de Brix) (100)

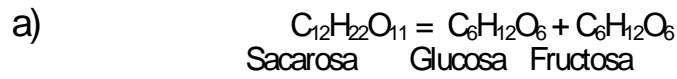
5.2.5. Sales

5.2.5.1. Ácidos Inorgánicos

Los componentes inorgánicos de la caña de azúcar se presentan como agua, iones y sales.

5.2.5.2. Ácidos Orgánicos

Entre estos está el ácido acético y ácido láctico, potasio el cual es más abundante en el guarapo (hasta un 60% de la ceniza). El potasio en el guarapo de la desmenuzadora consiste en un 3.3% de sólidos secos. No son constituyentes de la caña, sino productos de infección microbiana que se observan en la caña fermentada.



b)

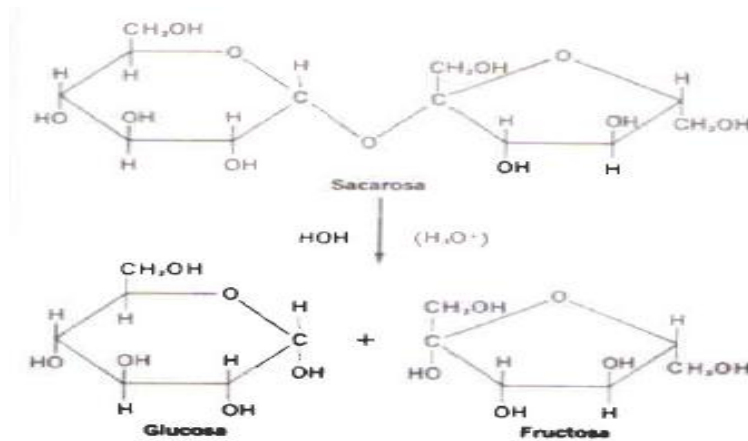


Figura 1. Representación de las formulas empíricas (a) y espacial de las formas cíclicas de la glucosa (b) y la fructosa y la condensación de ambas para formar la sacarosa.

Fuente: James C.P Chem. Manual del azúcar

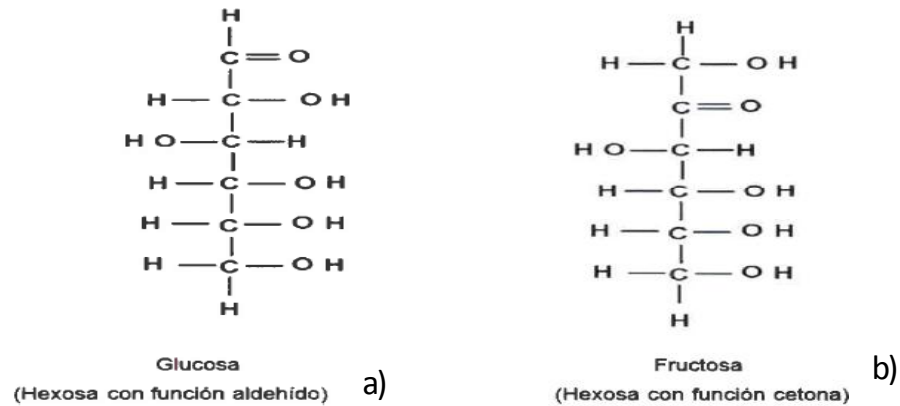
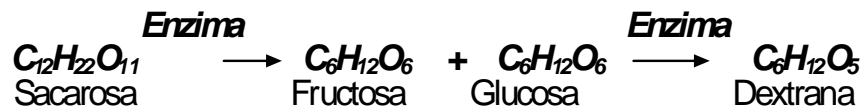


Figura 2. Representación espacial de la forma abierta de la glucosa (a) y la fructosa (b).

Fuente: James C.P Chem. Manual del azúcar

5.3. Inversión

Es el *deterioro* de la calidad de la caña que tiene lugar después del corte (manual o mecanizada), la quema y recolección de la caña, cuando la sacarosa es metabolizada o degradada por las bacterias. La inversión consiste en el cambio de la rotación óptica dextrógira a levógira, o viceversa, dando como resultado mezcla de glucosa y fructosa (azúcares reductores).



5.4. Tipos de Deterioros de la Caña

5.4.1. Deterioro Físico

Este es el primer deterioro que ocurre en la caña, cuando esta pierde alrededor del 2% de agua una vez que se ha cortado. La mayoría de este tipo de deterioro se da por el daño mecánico y la muerte de las células que tendrá lugar todas las veces que haya un corte, magullamiento, o pinchazos causados por cuchillas, cadenas recogidas, cadenas separadoras, llantas, carrileras, eslingas, etc. (Chen J., 2000)

5.4.2. Deterioro Enzimático

Este es el deterioro producido por la inversión enzimática que resulta de la acción de proteínas, principalmente por la enzima invertasa. Esta puede estar presente en la caña de azúcar naturalmente o ser producida por el *Saccharomyces sp.* y se desactiva a temperaturas superiores a 65 °C. Según literatura las pérdidas de azúcar en el área de molinos son de un 25% a causa del efecto enzimático. (Chen J., 2000)

5.4.3. Deterioro Químico

Se da por la inversión química causada por condiciones de acidez y temperatura razón por la cual también se llama inversión ácida o hidrólisis ácida que implica el desdoblamiento del disacárido sacarosa formando los azúcares reductores glucosa y fructosa, las cuales aumentan a medida que se deteriora la caña, como un efecto secundario de algún tipo de crecimiento microbiano.

La inversión ácida se inicia antes de la clarificación y continúa en todo el proceso, pero esta inicia específicamente en el proceso de extracción del jugo, cuando en el tándem de molinos se utiliza la imbibición (uso de agua con altas temperaturas), provocando que la sacarosa a temperaturas de imbibición alta da como resultado la reacción de hidrólisis ácida entre la sacarosa y el agua lo que conlleva a formar azúcares reductores que se forman con mayor facilidad cuando existen soluciones ácidas y que se producen con mayor velocidad a medida que aumenta la temperatura y disminuye el pH. Cuando el pH del jugo es de 5.8 y la temperatura de 120°C (248°F), la inversión reduce la concentración de sacarosa a una tasa de 2%/h. A medida que se disminuye el pH y la temperatura, se mantiene el nivel de inversión hasta que el pH llega a 4.6 a 90°C (194°C). Las pérdidas por inversión química en el área de molinos son de un 13 %. (Chen J., 2000). En los ingenios azucareros los porcentajes de sacarosa invertidos por hora a diferentes pH y temperatura se representan en forma de curvas preparadas por King y Jison. (Vea Figura 3, pág. 11).

5.4.3.1. pH y acidez

El pH indica las concentraciones de ion hidrógenos presentes en una solución y determina la acidez de solución. La concentración del ion hidrógeno (pH) en el jugo de una planta madura de caña de Azúcar varía entre 4.73 y 5.63, pero el valor corriente oscila entre 5.2 y 5.4 lo que indica que son soluciones ácidas.

De manera que los valores de acidez constituyen solamente un indicador indirecto del deterioro; el contenido de polisacáridos solubles, que según Irvine ¹ encontró un promedio de 620 ppm (0.62% en volumen), en guarapo fresco procedente de la desmenuzadora, especialmente Dextranas, representando un valor más directo.

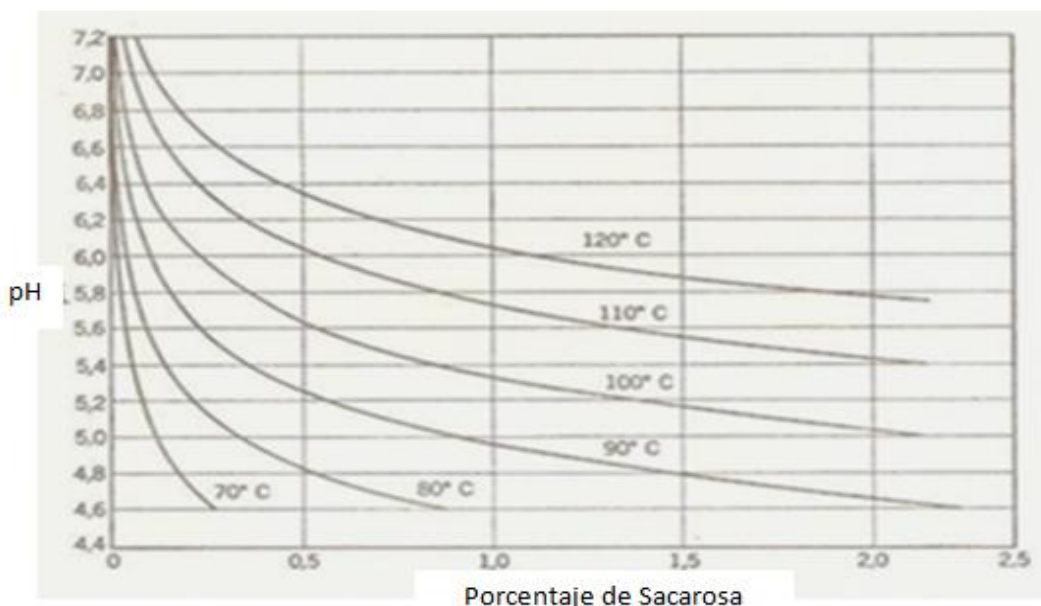


Figura 3. Inversión de la sacarosa por hora a diferentes temperatura y pH.
Fuente: James C.P Chem. Manual del azúcar

5.4.4. Deterioro Microbiano

La infección microbiana es causada particularmente por microorganismos de especies del *Leuconostoc* y es el principal responsable de la destrucción de sacarosa; puede ser mayor del 60% (Tilbury et al., 1977), formando una variedad de productos de alto peso molecular principalmente *Dextranas*, manitol, y ácidos orgánicos. Estos productos son melasigénicos e incrementan la viscosidad de los materiales en procesos como cristalización, filtración y la remoción de color, aunque estén presentes en pequeñas cantidades según Rein. ²

Otros microorganismos, que originan la fermentación de la sacarosa, son las bacterias productoras de ácido láctico, las cuales son activas a temperaturas hasta de 70° C. El ácido láctico producido puede ser medido como un indicador de pérdidas microbiológicas, las cuales se evidencian por una consecuente caída en la pureza de los jugos. ³

¹ Irvine. ISSCT, 1971, págs. 1091-1101.

² Rein P, 2007, págs. 23-25

³ Tecnicana VIII. Congreso de la Asociación colombiana de Técnicos de la caña de Azúcar. 2009

La disminución de azúcares reductores (Glucosa), se da a partir de la glucólisis que es la vía metabólica encargada de oxidar la glucosa con la finalidad de obtener energía para la célula. La glucólisis se da por vía anaerobia y aerobia. Durante la glucólisis aerobia se produce agua y dióxido de carbono, estos productos ya no pasan a formar parte del Brix, por lo tanto la masa de Brix (glucosa) disminuye.

La glucólisis anaerobia ocurre de dos formas:
Fermentación alcohólica: Produce etanol.
Fermentación Láctica: Produce ácidos lácticos.

Durante la glucólisis anaerobia disminuye la cantidad de sacarosa por la fermentación, así como la glucosa presente inicialmente en el Brix.

5.4.4.1. Microorganismos de la caña

Los principales microorganismos que se encuentran identificados en caña de azúcar y sus jugos son:

5.4.4.1.1. Bacterias

Bacillus subtilis, *Bacillus licheniformes*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus stercorophilus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc dextranicum*, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas* sp, *Klebsiella* sp, *Corynebacterium* sp, *Micrococcus* frágiles y *Clostridium* sp. En este grupo se destacan los bacilos que tienen la capacidad de formar endosporas y sobrevivir cuando las condiciones del medio no son favorables y son importantes productores de levanos y otros heteropolisacáridos.

5.4.4.1.2 Levaduras

Saccharomyces cerevisiae, *Saccharomyces rouxii*, *Saccharomyces pombe*, *Candida tropicalis*, *Candida guilliermondii*, *C. intermedia*, *Kloeckera apiculata*, *Pichia membranifaciens*, *P. farinosa*, *Kluyvoromyces fragilis* y *Hansenula anomala*.

5.4.4.1.3. Mohos

Penicillium citrovorum, *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus variatum*, *Aspergillus variatum*, *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* y *Monilia sitophila*. Este gran número de especies demuestra la diversidad de la micro-flora presente en los jugos de caña; sin embargo, hay algunas especies que se desarrollan en el jugo.

5.4.4.1.4. Leuconostoc Mesenteroides

Esta bacteria se desarrolla en medios específicos formando colonias redondas de 1mm a 32 mm de diámetro, son mucoides, blancas y su metabolismo es fermentativo, produciendo ácidos lácticos así como etanol, dióxido de carbono y Dextranas. Son microorganismos facultativos es decir que se desarrollan en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, su temperatura óptima de crecimiento es entre 20° C y 33°C, el pH óptimo es entre 5.4 y 6.0.

5.4.4.1.5. Dextranas

Las Dextranas son polímeros de unidades de glucosa que se hacen largos por el número de enlaces α . y a medida que las condiciones ambientales son favorables, el número de enlaces aumenta y su molécula es mayor. Es una sustancia gomosa que tiene peso molecular de 15000 a 2000000 o más (Chen, 1991).

Las Dextranas (a poliglucanos que tiene más de 60% de enlaces α 1,6) son polisacáridos formados por unidades de glucosa en largas cadenas lineales y pequeñas ramificaciones de enlaces α 1,2 y α 1,3 principalmente. La fórmula empírica de la Dextrana es $(C_6H_{10}O_5)_n$, con un peso molecular por unidad glucosídica de 162 (Clarke, 1984). (Ver figura 4, pág. 13)

Las Dextranas se forman extracelularmente por la acción de la enzima dextranasacarasa, la cual es activada por las especies de bacterias ácidas lácticas *Leuconostoc mesenteroides* y *Leuconostoc dextranicum*. La enzima dextranosacarasa cataliza la fracción glucosídica obtenida de la hidrólisis ácida de la sacarosa.

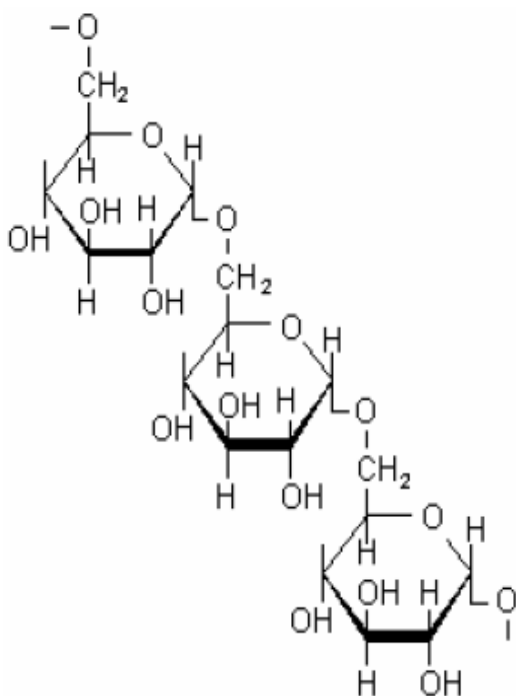


Figura 4. Estructura del Polímero Dextrana.

Fuente: James C.P Chem Manual del azúcar

La estructura y propiedades de la Dextrana varían según el microorganismo que la provoca, las condiciones de cultivo, la concentración de sacarosa, pH, temperatura y aireación.⁴ Son producidos por bacterias *Ácidas Lácticas* entre las que se destacan *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc* sp. (*Mesenteroides* y *Dextranicum*). En este género se agrupan microorganismos anaeróbicos facultativos que tienen su hábitat natural en el cañaveral y que al producirse cualquier fisura en la superficie externa de la caña, la invaden y se reproducen rápidamente formando fácilmente polisacáridos bajo las condiciones de temperatura entre 20°C y 40 °C, pH (5-6) y concentraciones de sacarosa (10% - 15%), encontradas en la caña de azúcar cosechados.⁵

5.5. Tipos de pérdidas

Las pérdidas de sacarosa ocurren desde el momento en que se corta la caña hasta cuando se empaca el azúcar; se presentan entre corte, alce y transporte (Larrahondo, J., Briseño C.O., 2001) y en el proceso de limpieza de la caña, en el bagazo resultante de las operaciones de preparación y molienda, en la cachaza proveniente de la limpieza de los jugos por medio de la clarificación y en las mieles. Adicionalmente, se presentan otras pérdidas de sacarosa que se conocen como indeterminadas y se calculan por balance de masa; éstas se generan por disolución o transformación de la sacarosa en los materiales del proceso, por “arrastre” en evaporación o retención, pérdidas físicas o mecánicas

Las pérdidas indeterminadas de sacarosa durante el proceso se clasifican en: (1) Fisicoquímicas y microbiológicas por acción de los microorganismos, vía hidrólisis (inversión) o descomposición de la sacarosa.

Las pérdidas fisicoquímicas se ocasionan por la acción de ácidos o sales ácidas, pH, temperatura y tiempo durante el cual los materiales se encuentran bajo esas condiciones; las microbiológicas se deben a la presencia de diferentes poblaciones de microorganismos que transforman, “invierten”, la sacarosa en sus monosacáridos primarios: glucosa y fructosa y no es posible recuperarla como azúcar. (Doherty O.S.W., Rackemann, D.W., 2008).

Las indeterminadas por descomposición se producen a altas temperaturas (55-115°C) durante diferentes procesos: clarificación y evaporación (Eggleston, G et al., 2004).

Pérdidas indeterminadas mecánicas asociadas con fugas y desbordes de materiales intermedios o arrastres en condensados y en los efluentes del proceso fabril. Indeterminadas aparentes atribuibles a errores en pesajes de los materiales del balance o en las determinaciones analíticas, muestreos no representativos, cálculos incorrectos, o a la estimación errada de materiales en existencia, entre otros. (Rein P., 2007).

⁴Cuddihy et al, 1996; Duarte et al, 1982; Trost et al, 2002.

⁵Van der Poel, 1998; Zhennai, 2000

Otros factores, que contribuyen a las pérdidas de sacarosa en el proceso fabril, están relacionados con la molienda. Según Hugot, 1986, en un tándem de molinos se pueden alcanzar pérdidas hasta del 2% del total de sacarosa. Las condiciones de operación de los molinos y la calidad de la caña contribuyen a las pérdidas de sacarosa que pueden ocurrir por inversión ácida, inversión enzimática e infección microbiana. La inversión ácida comprende la inversión química de la sacarosa en glucosa y fructosa; ocurre en condiciones ácidas; la tasa de inversión se incrementa con pH bajos y altos niveles de temperatura, mientras que la destrucción enzimática resulta por la acción de proteínas, principalmente la invertasa, que actúa como un catalizador para promover la inversión de la sacarosa. La invertasa puede estar presente en la caña de azúcar naturalmente o ser producida por el *Saccharomyces sp.* y se desactiva a temperaturas superiores a 65 °C.

La infección microbiana es causada particularmente por microorganismos de especies del *Leuconostoc* y es el principal responsable de la destrucción de sacarosa; puede ser mayor del 60% (Til-bury et al., 1977), formando una variedad de productos de alto peso molecular principalmente Dextranas, manitol, y ácidos orgánicos. Estos productos son melasigénicos e incrementan la viscosidad de los materiales en procesos como cristalización, filtración y la remoción de color, aunque estén presentes en pequeñas cantidades. (Rein P., 2007).

Otros microorganismos, que originan fermentación en la sacarosa, son las bacterias productoras de ácido láctico, las cuales son activas a temperaturas hasta de 70° C. El ácido láctico producido puede ser medido como un indicador de pérdidas microbiológicas, las cuales se evidencian por una consecuente caída en la pureza de los jugos. Adicionalmente a las pérdidas de sacarosa generadas por la actividad microbiana descritas anteriormente, se presentan otras pérdidas de sacarosa no cuantificadas en elaboración, las cuales pueden ser ocasionadas por condiciones operacionales de proceso como son el pH, la temperatura, los tiempos de residencia en equipos y la variación de flujos y niveles de tanques, entre otros.

5.6. Extracción

Es la acción mecánica de la molienda a través de un tándem de molinos que se utiliza para obtener el jugo de la caña de azúcar.

La caña que es procesada por la acción de la molienda es transformada en una cama porosa y poli-dispersa de partículas deformables, llamada comúnmente colchón de bagazo

5.6.1. Funciones de la extracción básicas de un Tándem

1. Moler una cantidad de caña de acuerdo a su capacidad.
2. Extraer el máximo del contenido de jugo, Pol (sacarosa) que trae la caña.
3. Entregar bagazo en condiciones para las calderas o producción de Productos Derivados.

5.6.2. Eficiencia de las extracciones de los Tándem de molienda

El grado de eficiencia (capacidad, extracción, estabilidad, etc.) en la operación del tándem depende de la manera en que se manejan las principales variables operativas del área, las cuales son:

- 1 - Ajuste de los molinos
- 2 - Velocidad de los equipos motrices (motores, turbinas, etc.)
- 3 - Presiones hidráulicas
- 4 - Agua de imbibición
- 5 - Imbibición compuesta (maceración)
- 6 - Estabilidad
- 7 - Alimentación
- 8 - Lubricación
- 9 - Limpieza y desinfección

5.6.3. Operaciones del Tándem son:

- Compresión
- Imbibición

5.6.3.1. Compresión

Donde el jugo de la caña se extrae por la compresión del colchón de caña o bagazo al pasar a través de las masas de cada molino y la fuerza para comprimir el colchón se aplica a la maza superior por medio de cilindros (pistones) hidráulicos. La compresión se define como la relación que existe entre el volumen que alcanza el bagazo al ser sometido a determinada presión y el que ocupaba suelta.

5.6.3.2. Imbibición

Se conoce al proceso de adición de agua en tándem de molinos.

5.6.4. Tipos de Imbibición

5.6.4.1. Imbibición Simple

Se agrega agua al bagazo después de cada molino. Este puede ser imbibición única: si se agrega agua en un solo punto; imbibición simple doble: si se le agrega ya sea al antepenúltimo y al último molino y después al penúltimo y al último. El nombre imbibición simple se aplica a la imbibición que se hace únicamente con agua, sin regresar el jugo al bagazo según Hugot.⁶

5.6.4.2. Imbibición Compuesta

Esta puede ser: simple múltiple y compuesta múltiple

5.6.4.2.1. Imbibición Simple Múltiple

La imbibición simple se llama múltiples cuando el agua se aplica dos o más veces antes de dos o más molinos, sin recirculación del jugo al bagazo. (Hugot, 1963).

⁶ Hugot E. Manual para ingenieros azucareros. 1963

5.6.4.2.2 Imbibiciones Compuestas múltiples.

La imbibición simple se llama múltiples cuando el agua se aplica dos o más veces ante de dos o más molinos, con recirculación del jugo al bagazo. (Hugot, 1963)

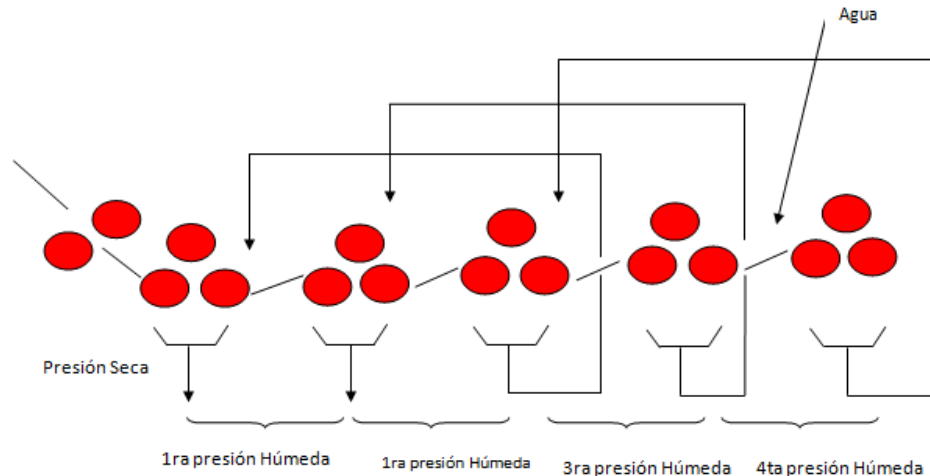


Figura 5. Imbibición compuesta múltiple.
Fuente: Hanbook of cane sugar engineering

5.6.5. Presión seca

La presión seca está formada por todas las presiones sucesivas que se aplican al bagazo en la batería de molinos, sin adición de ningún líquido. (Ver figura 6, pág16.)

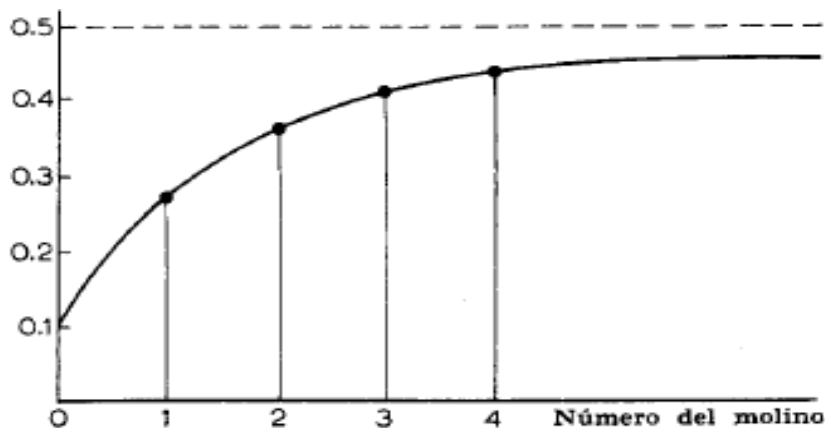


Figura 6. Presión seca de los molinos
Fuente: Hanbook of cane sugar engineering

5.6.6. Presión Húmeda

Es cuando se le aplica agua al primer molino, de que aquí en adelante puede suponerse que todas son presiones húmedas. (Ver figura 5, pág. 15.)

5.6.7. Influencia de la temperatura del agua de imbibición y el tiempo de contacto en el conductor de bagazo en el proceso de extracción en los molinos

Muchos autores reconocen los beneficios de las altas temperaturas en el proceso de extracción de la sacarosa de la caña de azúcar. (Murry, 1970), señala que ese efecto no ha sido observado en molinos de laboratorio pero sí en el proceso industrial. Las paredes celulares se desintegran cuando la fibra es calentada hasta 82 °C, lo que facilita la dilución del jugo por el agua. Además, el proceso de transferencia de masa por difusión se intensifica. (Hugot, 1963), no observó influencias apreciables entre 60°C y 70 ° C, pero sí a valores más altos y junto a otros autores, considera que el agua caliente (80°C a 85 °C) es más favorable para el proceso. Cuando se combinan niveles de imbibición por encima de 25 a 30 % del peso de la caña con temperaturas del agua mayores de 85 °C, en dependencia de las características del tándem, generalmente se atasca el molino, lo que obliga a disminuir la capacidad de molienda. Estos resultados son confirmados por Hamill, quien encontró que las características de alimentación de la caña se reducen cuando se emplea imbibición caliente. Por otra parte las pérdidas de sacarosa por la acción de los microorganismos en el tándem, disminuyen notablemente al inhibirse el desarrollo de muchas Dextranas.

5.7. Proceso de Extracción de Sacarosa de la caña de Azúcar

El proceso de elaboración del azúcar comienza con la recepción de materia prima, en esta etapa se pesa y se realiza el análisis de la calidad de caña, para luego ser almacenada en el patio y conducida hacia la etapa de la molienda donde se extrae el jugo de caña. El bagazo que resulta de la extracción es utilizado como combustible en las calderas. El jugo extraído es bombeado hacia el área de clarificación. Se aplica cal y floclulantes los cuales forman sedimentos en los clarificadores. Estos sedimentos son enviados hacia filtros donde se separa el jugo que contiene sacarosa de los sedimentos ahora llamados cachaza, la cual sirve para fertilizar los suelos.

La sacarosa libre de miel es enviada hacia el área de cristalización para ser colocada en un cristalizador al vacío (tacho). En él se introducen núcleos de sacarosa previamente formados de tamaño homogéneo para lograr un crecimiento de los cristales de azúcar, de manera uniforme. Una vez formado los cristales del tamaño y pureza deseadas, se lleva el producto ahora llamado masa cocida, hacia la etapa de centrifugación para separar los granos de azúcar de la miel utilizando centrifugas.

La miel que resulta de este proceso se denomina melaza. El azúcar libre de miel es enviado hacia el área de secado para eliminar la humedad de los cristales de azúcar utilizando un tambor giratorio horizontal con aspas que permitan el paso del aire caliente en un extremo y aire frío en otro extremo, de modo que la temperatura de salida de la sacarosa sea muy cercana a la del ambiente.

Finalmente en la etapa de empaque, el azúcar es conducida por medio de bandas transportadoras hacia tolvas de empaques para ser empacados.

5.7.1. Proceso de molienda

El proceso de la molienda de caña comienza con la recepción de materias primas. La cual la caña es almacenada en los patios para su futura molienda. Una vez que se completa la cantidad de caña requerida se da la orden de molienda donde los camiones cargados de caña son pesados en grandes básculas uno a la vez, para luego descargar la caña por medio de grúas de volteo en la mesa de alimentación.

5.7.2. Pícar caña

La Caña que ingresa desde el alimentador por medio de una banda transportadora pasa por las picadoras donde mediante cuchillas giratorias se corta la caña en trozos sin extraer jugo.

5.7.3. Separación de Fragmentos metálicos

El separador de fragmentos metálicos no es más que un electroimán suspendido sobre la banda transportadora que cumple con la función de atraer piezas metálicas de hierro para evitar que estos metales causen serios daños a los molinos.

5.7.4. Molienda

5.7.4.1. Extracción de jugo en el primer molino

La caña una vez preparada ingresa desde la picadora hacia el primer molino, por medio de una banda transportadora, donde se extrae la mayor cantidad de jugo posibles, al regular la presión y la velocidad de rodillos, este jugo exprimido llamado también jugo primario, se derrama a través de las canaletas y es conducido hacia un tanque pequeño(llamado tanque recolector de jugo crudo) para ser bombeado hacia los coladores y ser depositado en tanque de jugo diluido y posteriormente ser bombeado a la etapa de clarificación. El bagazo que se desprende de este molino todavía contiene jugo por lo que es inmediatamente dirigido hacia el segundo molino.

5.7.4.2. Extracción de jugo en el segundo Molino

El bagazo que sale del primer molino ingresa al segundo molino para ser exprimido, además a este molino se le añade el jugo procedente del tercer molino, para aumentar la extracción de jugo. A este proceso se denomina maceración. El jugo exprimido en este molino es conducido a través de canaletas hacia el tanque de jugo crudo para ser bombeado hacia los coladores y ser depositado en tanque de jugo diluido y posteriormente ser bombeado a la etapa de clarificación.

5.7.4.3. Extracción de jugo en el tercer Molino

El bagazo que sale del segundo molino ingresa al tercer molino para ser exprimido, además a este molino se le añade el jugo procedente del cuarto molino y agua caliente para realizar la maceración mixta.

El jugo exprimido en este molino es conducido a través de canaletas hacia un tanque conocido como tanque de maceración 3 para ser bombeado hacia el segundo molino y el restante de jugo que no es bombeado es dirigido directamente a través de canaletas al tanque de jugo crudo.

5.7.4.4. Extracción de jugo en el cuarto Molino

El bagazo que sale del tercer molino ingresa al cuarto molino para ser exprimido, además a este molino se le añade el jugo procedente del quinto molino y agua caliente para realizar la maceración mixta. El jugo exprimido en este molino es conducido a través de canaletas hacia un tanque conocido como tanque de maceración 2 para ser bombeado hacia el tercer molino y el restante de jugo que no es bombeado es dirigido directamente a través de canaletas al tanque de jugo crudo.

5.7.4.5. Extracción de jugo en el quinto Molino

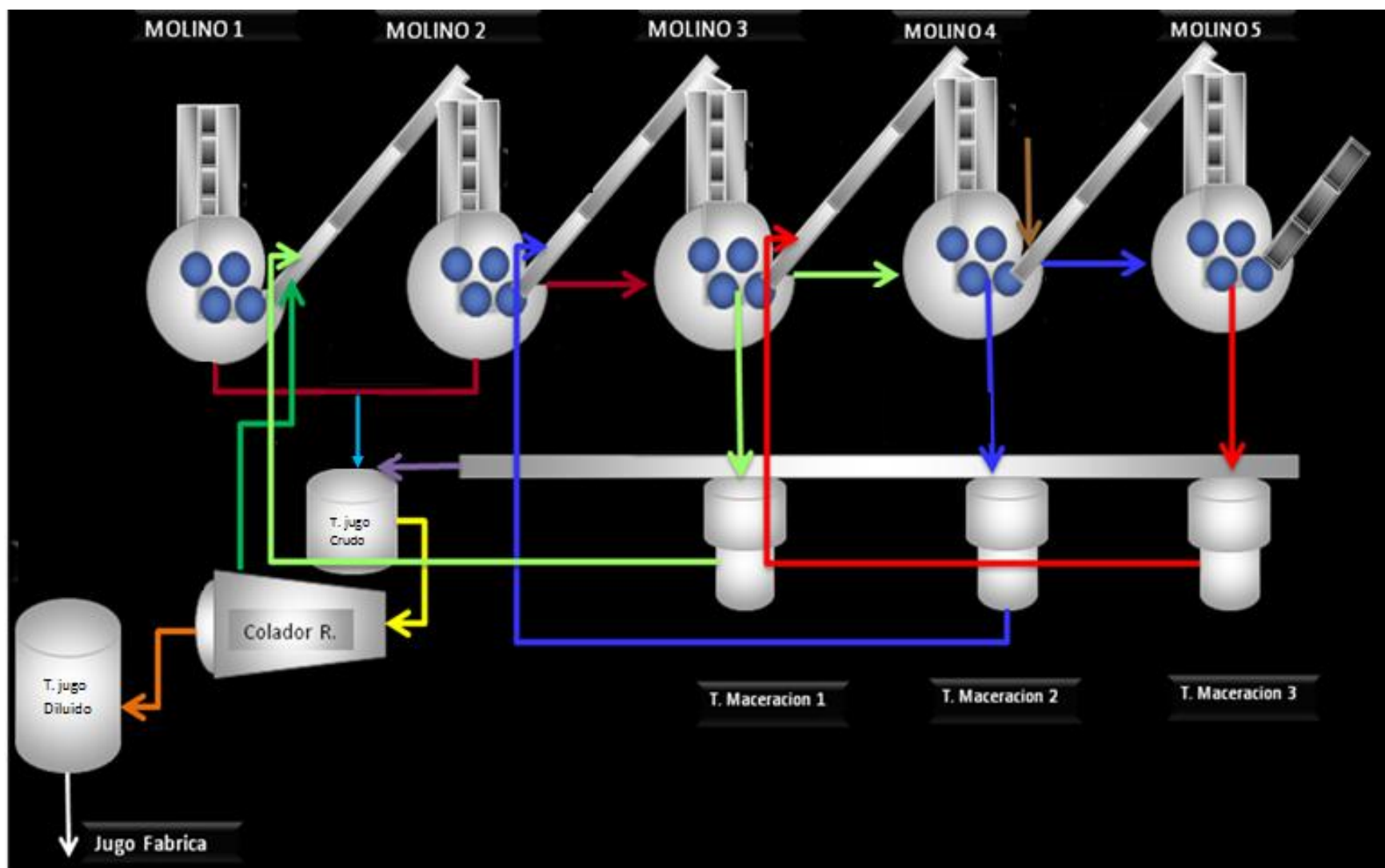
El bagazo que sale del cuarto molino ingresa al quinto molino para ser exprimido, además a este molino se le añade agua caliente, para realizar la maceración del jugo aun restante en el bagazo, el cual este bagazo es transportado a las calderas y el jugo extraído en este ultimo molino es conducido a través de canaletas hacia un tanque conocido como tanque de maceración 1 para ser bombeado hacia el cuarto molino y el restante de jugo que no es bombeado es dirigido directamente a través de canaletas al tanque de jugo crudo.

5.7.4.6. Filtración y Almacenamiento

Los jugos son bombeados desde los contenedores del primer y segundo molino por medio de tuberías de acero, donde se mezclan los jugos y toman el nombre de jugo crudo o mixto, hacia un filtro rotativo, el cual filtra el jugo crudo, al hacerlo pasar a través de una malla de acero donde se queda el bagazo y otras partículas indeseables.

Luego de haber sido filtrado el jugo crudo este recibe el nombre de jugo colado o jugo diluido el cual es bombeado a un segundo tanque de almacenamiento donde termina el proceso de molienda. El bagazo filtrado es enviado nuevamente al molino uno para volver a ser exprimido por el molino. En la figura 7 se muestra el diagrama de bloque del proceso de extracción de jugo de caña de azúcar para obtención de sacarosa del ingenio Monte Rosa.

Figura 8. Flujograma del proceso de Extracción de sacarosa de la caña de azúcar del ingenio Monte Rosa.



VI. METODOLOGÍA

6.1. Descripción de la evaluación

Esta evaluación se realizó en el ingenio Monte Rosa ubicado en el municipio de El Viejo, en el departamento de Chinandega. Específicamente en el tándem de molino compuesto por una serie de 5 molinos en serie. El primer molino aporta la mayor proporción de jugo extraído, mientras los cuatro restantes continúan la extracción de la caña con adición de agua de maceración. Este jugo luego es enviado al área de sulfitación, bombeando alrededor de 2400 galones por minuto. El estudio fue a escala real con un flujo másico de 14,000 toneladas de caña por día

La presente investigación se basó en una evaluación a escala industrial para determinar la influencia del bactericida Magnacide D en la formación de Dextrana, azúcares reductores y caída de pureza en el proceso de extracción de sacarosa del área de molinos. Para lograr esto se utilizaron dos matrices experimentales que se procesaron con la ayuda del software estadístico Minitab.16. La materia prima que se utilizó fue el jugo primario y el jugo diluido. A los dos jugos se les adicionó bactericida Magnacide D a diferentes dosificaciones especificadas en la matriz del experimento. El método de evaluación fue cuantitativo y cualitativo debido que se analizó la variación de las repuestas medidas, así como la precedencia de cada una de ellas.

Por su naturaleza y alcance del trabajo, esta investigación fue aplicada, ya que se analizaron las incidencias en cada una de las diferentes dosificaciones que se aplicaron de Magnacide D a los jugos primario y diluido. También se analizaron los efectos de las dosificaciones más adecuadas para poder utilizarlas en futuras zafras.

6.2. Definición del foco de Mejora

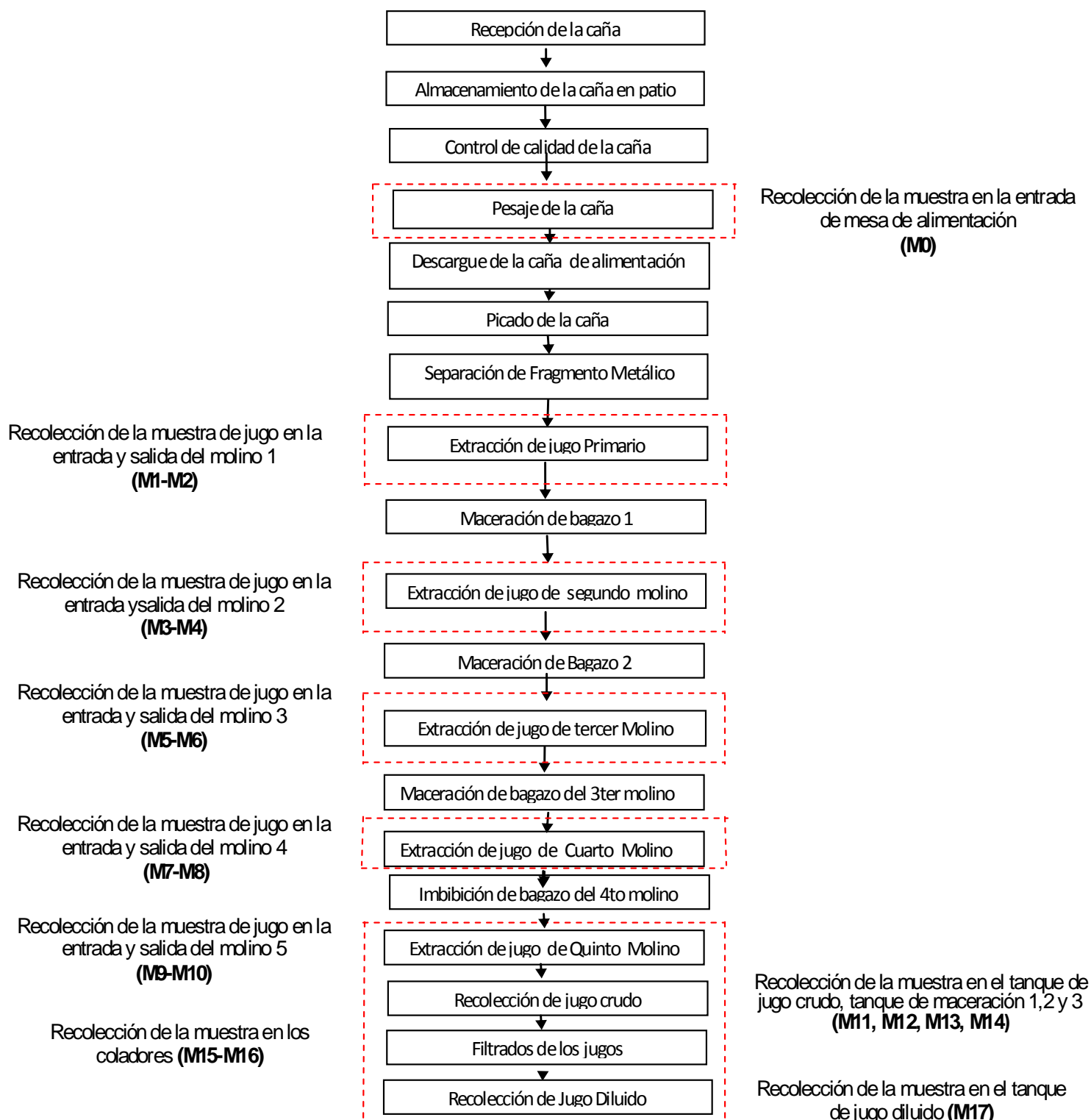
Las mediciones que se realizaron fueron: carga microbiana, parámetros físico-químicos a la caña y posteriormente a los jugos primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.

6.3. Medicion de carga microbiana

La carga microbiana (coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras) permitió identificar cuáles son los puntos más críticos de contaminación en el Tándem de molinos. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de microbiología del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) debido a que el ingenio carece de un laboratorio para análisis microbiológico.

Con los datos obtenidos se determinaron los puntos de aplicación y dosificación del Magnacide D para disminuir la carga microbiana y se evaluó su efectividad. En la figura 8 se indican mediante líneas discontinuas de color rojo los puntos de muestreos.

Figura 8. Puntos de muestreo para el control microbiológico en el área de extracción con aplicación y sin aplicación del bactericida Magnacide D.



Elaborado por Kennia Lisbet López Martínez

6.3.1. Toma de muestra para la medición de carga microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D

La Gerencia del departamento de extracción del ingenio Monte Rosa clasifica su área en tres secciones: proveedor/ entrada, proceso/molienda y salida/cliente.

Las muestras de medición de carga microbiana se efectuaron en las secciones proceso/molienda y salida/cliente. En la sección de proceso/molienda se efectuaron dos grupos de medición. El primer grupo se realizó en la mesa de alimentación del área de extracción, aquí se tomaron muestras de cañas para conocer la calidad de la caña que ingresaba al tándem de molinos. El segundo grupo se realizó específicamente en el tándem de molinos. Aquí se tomaron muestras de jugos en la entrada y salida de los molinos. En la sección de salida/cliente se tomaron muestras de jugos en el tanque de almacenamiento de jugo diluido.

De la figura 8 se determinan 17 sitios de muestreo por lo cual la cantidad de muestras fue de 17 sin aplicación y 17 con aplicación de bactericida, dando un total de 34 muestras. Las muestras fueron rotuladas con la letra M seguido por el número de muestra correspondiente. La muestra M0 fue analizada en los laboratorios del ingenio Monte Rosa ya que correspondía a muestras de cañas y las 16 restantes se enviaron al laboratorio del MAGFOR porque correspondían a muestras de jugos. Para la muestra de caña se recolectaron 500 gramos. Para las muestras de jugo primario se recolectaron 350 ml, cantidad que también se recolectó para el jugo diluido. El muestreo se realizó desde las 6 horas de la mañana hasta las 6 horas de la tarde. Estos datos fueron medidos como unidades formadoras de colonias por mililitros de muestra (ufc/ml) unidad de medición estándar por la FDA para la formación de carga microbiana y fueron consideradas como las primeras variables de repuesta que permitieron cuantificar las pérdidas de sacarosa en el área de extracción. (Ver tabla 3, pág. 27).

A continuación se presentan los pasos que se siguieron para la recolección de las muestras antes y después de aplicar bactericida.

A) Recolección de caña en la mesa de alimentación con y sin aplicación de bactericida Magnacide D

En esta medición se solicitó la ayuda de tres personas para recolectar la muestra. Una manejó la alzada, otra tomó la muestra a analizar y la tercera midió las toneladas a moler. Los pasos a seguir fueron:

1. Con la alzada se tomó una muestra de caña que se depositó en la mesa de alimentación, facilitándole al otro operario tomar una cantidad de 500 gramos de caña para realizarle análisis cualitativos: precedencia, tipo de corte, variedad de caña, tiempo de permanencia y análisis cuantitativos: Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % tierra.

2. Luego se deposito en un recipiente con capacidad de 500 gramos para enviar la muestra al laboratorio de caña, donde se realizo los análisis cuantitativos y cualitativos. Esta muestra se rotulo como M0 y permitía conocer la calidad de la caña que ingresaba a los molinos. La toma de esta muestra se realizo en un tiempo máximo de 10 minutos y luego se espero un tiempo de 5 minutos para tomar las muestras de jugos en el tándem de molinos para garantizar que se le estaba dando seguimiento a la muestra (M0) por todo el recorrido del Tándem de molinos para cuantificar la carga microbiana total.

B1) Recolección de jugos en el Tándem de molino con y sin aplicación de bactericida Magnacide D

Se necesito de dos personas para recolectar las muestras. Una recolecto la muestra y la segunda sostuvo los materiales donde se recolectaron las muestras correspondientes a cada punto de muestreo. Los pasos a seguir fueron:

1. Primero se recolecto la muestra con el sameling pole (vara extendible de fibra) que debe estar limpio, esterilizado y seco.
2. Seguidamente se filtro el jugo recolectado con un colador para separar residuos de bagazo colocando debajo del colador un recipiente limpio y esterilizado con capacidad de 350 ml para que caiga el jugo filtrado en el recipiente, acondicionando primeramente el recipiente con los primeros mililitros filtrados.
3. Una vez que se recolecto la muestra se procedió a medir la temperatura del jugo y posteriormente a tapar para evitar que este en contacto con el ambiente y se le coloco su rotulación correspondiente del punto específico del muestreo que corresponda a cada equipo. Que están denotadas por M1, M2, M3, M4, M5, M6 M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17.

Nota1: En cada muestra que se recolecto se endulzo el sameling pole como también cada uno de los recipientes con sus muestras correspondientes para eliminar residuos.

Nota 2: Los pasos 1, 2, 3, 4 y nota 1 se realizaron de la misma manera para las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6 M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14, M16y M17 excepto en las muestras M15y M16 que corresponde a los coladores del área. Los pasos que se siguieron son:

Se tomo la muestra de bagazo en un recipiente esterilizado y limpio con capacidad de 500 gramos. La persona que recolecto el bagazo utilizo guantes para evitar contaminación cruzada.

Seguidamente se exprimió el bagazo recolectado para obtener muestras de jugo. Luego se repitió los pasos 2 y 3.

4. Las muestras se trasladaron al laboratorio de fabrica y se tomaron con un tiempo máximo de 20 minutos para asegurarse que la última muestra M14 correspondiera al mismo ciclo de la muestra M1.
5. En el laboratorio de fábrica la mesa de trabajo se esterilizo con alcohol al 80% para evitar contaminación cruzada entre las muestras.
6. Se procedió a medir un mililitro de jugo y depositarlo en el medio de cultivo llamado Verde brillante que fue facilitado en tubos de ensayos con su previa rotulación de muestra a depositarse por el MAGFOR.
7. Las muestras se conservaron en un medio de refrigeración (termó con hielo) para evitar el crecimiento microbiano que se puede dar en el traslado del ingenio Monte Rosa (Chinandega) al laboratorio del MAGFOR (Managua).

B2) Recolección de jugo diluido en el tanque de almacenamiento con y sin aplicación de bactericida Magnacide D

Aquí se procedió de la misma manera que los pasos para la recolección de jugo en el tándem de molinos.

Tabla 2. Materiales utilizados para la recolección de las muestras de medición de carga microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.

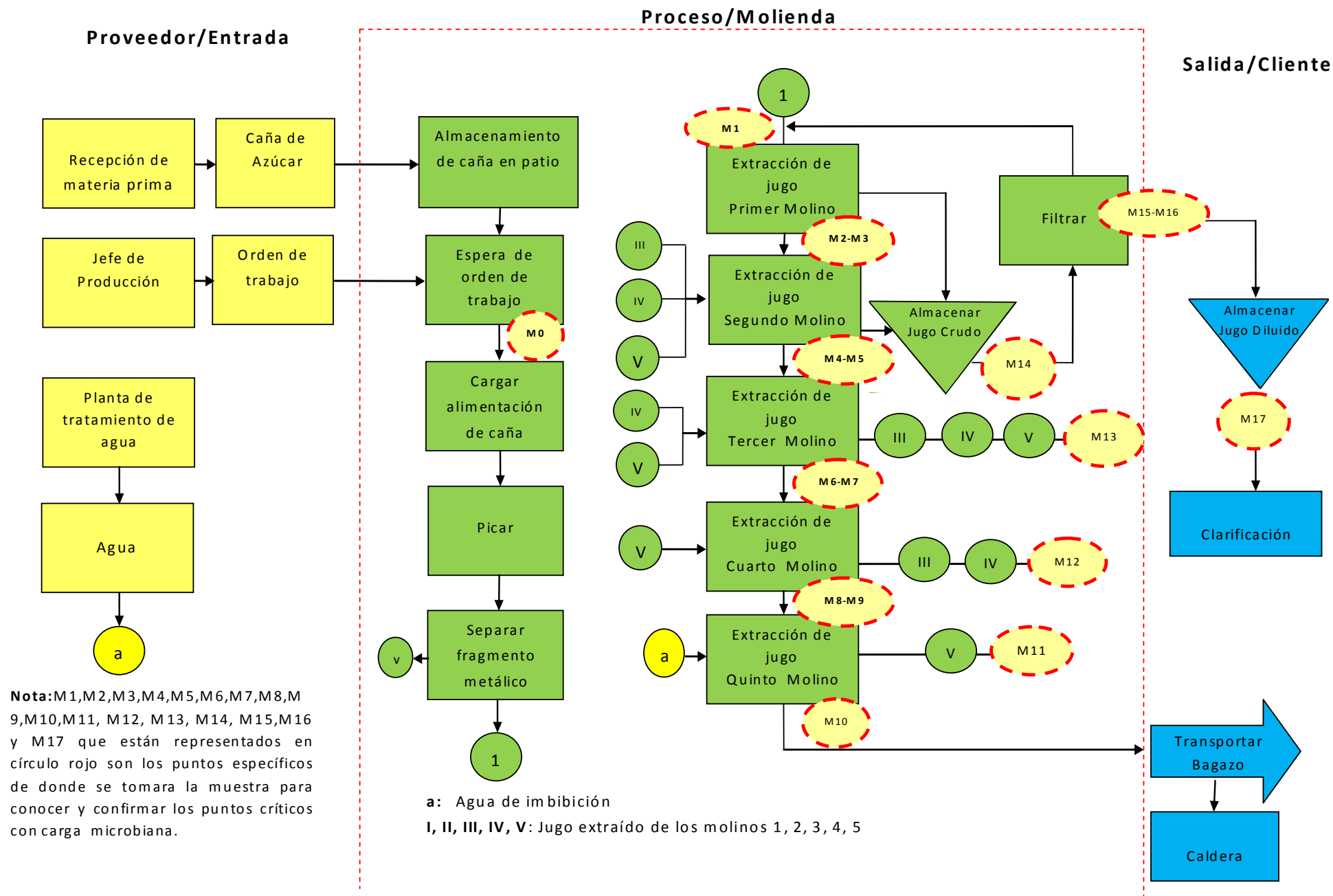
Materiales	Usos
14 Recipiente plásticos con capacidad de 350 ml	Recolectar las muestras de los puntos de muestreo seleccionado
2 Baldes plasticos con capacidad de 500 gramos	Recolectar bagazo de los coladores
1 Pana plastic	Tomar una muestra representativa 500 gramos de caña
1 Par de guantes descartables	Tomar la muestra representativa de los coladores
1 sameling pole (vara extendible de fibra)	Tomar la muestra de los puntos de muestreo seleccionado
1 Termómetro (0-100°C)	Medicion del rango de temperatura de las muestras de jugos
14 Tubos de ensayo de 15 ml con verde brillante	Medio universal para contabilizar la carga microbiana.
1 Termo con hielo	Para almacenar las muestras recolectadas para sus posteriores análisis.

Tabla 3. Puntos para la medición de carga microbiana y tipos de análisis con y sin aplicación de bactericida Magnacide D.

Sección	Equipos	Puntos Específicos del muestreo	Tipo de análisis a realizar	
			Cuantitativos	Cualitativos
Proceso/Molienda	Mesa de alimentación	Entrada(M0)	Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % trash, % fibra. Medición de toneladas a moler. (análisis cuantitativo)	Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (análisis cualitativo)
	Molino 1	Entrada, salida del jugo (M1-M2)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Molino 2	Entrada, salida del jugo(M3-M4)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura	
	Molino 3	Entrada, salida del jugo(M5-M6)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Molino 4	Entrada, salida de jugo(M7-M8)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Molino 5	Entrada, salida de jugo recolectado (M9-M10)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Tanque de maceración 1	Salida del jugo recolectado (M11)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Tanque de maceración 2	Salida del jugo recolectado (M12)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	
	Tanque de maceración 3	Salida del jugo recolectado (M13)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura	
	Tanque Recolector de jugo Crudo	Salida del jugo recolectado (M14)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura	
	Colador 1	Salida del jugo (M15)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura	
	Colador 2	Salida del jugo (M16)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura	
Salida/Cliente	Tanque de recolector de jugo Diluido o mixto.	Salida del jugo recolectado(M17)	Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras. Medición de temperatura.	

En la figura 9 se muestra el diagrama de SIPOC (siglas referidas en ingles que significa Entradas, Clientes y Salidas) del proceso de extracción en el que se reflejan círculos color crema que representan los puntos específicos donde se recolectaron las muestras de caña, jugo primario y diluido para la medición de carga microbiana antes y después de aplicar bactericida Magnacide D

Figura 9. Diagrama de SIPOC del proceso de Extracción del jugo de caña de azúcar para la obtención de sacarosa con los puntos para la medición de carga microbiana antes y después de aplicar bactericida Magnacide D.



6.4. Mediciones de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D

Se realizaron mediciones de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida para conocer las medias de los niveles de azúcares reductores, Dextrana y caída de pureza. Estos valores se compararon con el objetivo de encontrar diferencias significativas que reflejaran disminución de pérdidas de sacarosa. Se evaluó de esta forma la efectividad del bactericida y se conoció cuál de las dosificaciones es la más adecuada para usarse en futuras zafras.

6.4.1. Toma de muestra para la recolección de datos para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida

Las muestras para la medición de parámetros físicos-químicos se efectuaron en las mismas secciones donde se realizó la medición de carga microbiana (proceso/molienda y salida/cliente). Las muestras se rotularon con la letra C para la caña, jp para jugo primario y jd para jugo diluido seguido por el número de muestra correspondiente. Las secciones de muestreo y tamaño de las muestras fueron las mismas que las determinadas en la medición de carga microbiana. A continuación se presentan los pasos que se siguieron para la recolección de las muestras

A) Recolección de muestra de caña en la entrada de la mesa de alimentación antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D

Se realizó de la misma forma que los procedimientos de carga microbiana correspondientes al primer grupo de medición excepto los pasos 5.6 y 7.



Entrada de la caña a la mesa de alimentación

Una vez recolectada la muestra en la mesa de alimentación de contabilizo 5 minutos, tiempo suficiente para que la cuchillas del área corten la caña y esta sea transportada al primer molino donde se procedió a recolectar la muestra de jugo primario (jp).

B1) Recolección de jugo primario a la salida del Molino 1 antes y después de aplicación de bactericida

Se necesitaba de una persona para recolectar las muestras. Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

- 1) Primero se recolecto la muestra con el someling pole que debe estar limpio, esterilizado y seco.
- 2) Luego se acondiciono el someling pole para disminuir el error de toma de muestra y se deposito el jugo recolectado en un recipiente limpio y esterilizado con capacidad de 350 ml, endulzando primeramente el recipiente con los primeros mililitros recolectados
- 3) Una vez recolectada la muestra se procedió a medir la temperatura del jugo y posteriormente a tapar para evitar que este en contacto con el ambiente y se rotulo como jp



Salida del jugo primario del molino 1



Medida de temperatura del jugo de caña

Al ser recolectada la muestra de jugo primario se contabilizo un tiempo de 3 minutos, este es el tiempo que dura la extracción completa del jugo en cada uno de los molinos para obtener jugo diluido (jd) en el tanque de almacenamiento y poder recolectar la muestra.

B2) Recolección de jugo diluido en el tanque recolector de jugo diluido antes y después de aplicación de bactericida.

La persona que recolecto la muestra del jugo primario también recolecto la muestra de jugo diluido utilizando de la misma forma los procedimientos usados para la recolección de jugo primario.



Salida del jugo diluido del tanque de almacenamiento

Al finalizar la recolección de las muestras en los puntos seleccionados se procedió a llevar la muestra tomada en la entrada de la mesa de alimentación al laboratorio de caña y las muestras recolectadas de jugo primario y jugo diluido al laboratorio de fábrica para que se realizaran los análisis establecidos.

Tabla 4. Puntos de muestreo para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugos primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.

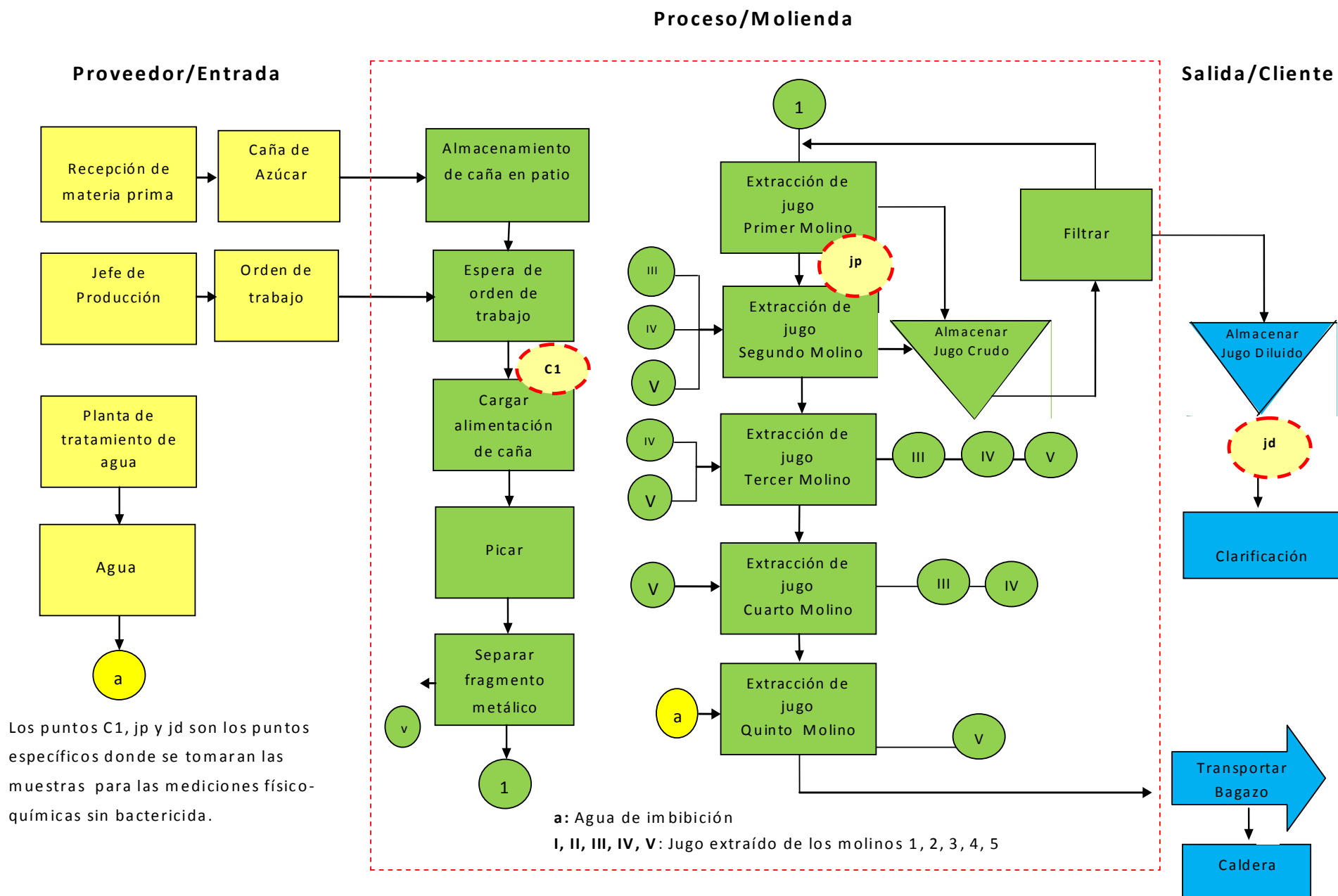
Area	Equipos	Puntos Específicos del muestreo	Análisis a realizar	
Proceso/Molienda	Mesa de alimentación	Entrada de la caña a la mesa de alimentación. (C1)	Brix, pol, pureza, % de caña podrida. %de fibra. Medición de toneladas a moler.% trash (análisis cuantitativos)	Tipo de caña, precedencia, variedad de caña, tiempo de permanencia. (análisis cualitativos)
	Molino 1	Salida del jugo Primario (jp)	Temperatura, pH, Brix, pol, pureza, Dextrana, %azúcares reductores, Glucobrix, caída de pureza, variación de Glucobrix	
Salida/Cliente	Tanque de recolector de jugo Diluido o mixto.	Salida del jugo diluido recolectado (jd)	Temperatura, pH, Brix, pol, pureza, Dextrana, %azúcares reductores, Glucobrix, caída de pureza, variación de Glucobrix	

Tabla 5. Materiales utilizados para la recolección de muestras para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida Magnacide D.

Materiales	Usos
2 Recipientes Plásticos con capacidad de 350 ml	Recolectar las muestras de los puntos de muestreo seleccionado.
1 Termometro	Tomar la temperatura de los jugos.
1 sameling pole (vara extendible de fibra)	Tomar la muestra de los puntos de muestreo seleccionado.

En la figura 10 se muestra el diagrama de SIPOC (siglas referidas en ingles que significa Entradas, Clientes y Salidas) del proceso de extracción en el que se reflejan círculos color crema que representan los puntos específicos donde se recolectaron las muestras de caña, jugo primario y diluido para la medición de parámetros físicos-químicos antes y después de aplicar bactericida Magnacide D.

Figura 10. Diagrama de SIPOC del proceso de Extracción de la caña de azúcar para la obtención de sacarosa con los puntos específicos para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y jugo diluido antes y después de aplicar bactericida Magnacide D.



6.5. Dosificación del Bactericida Magnacide D

Una vez recolectadas las muestras de medición de caña, jugo primario y diluido sin bactericida se procedió a realizar mediciones de parámetros físicos-químicos de la caña, jugos primario y diluido con bactericida

Para evitar que las causas responsables de la variación de porcentaje de Dextrana, porcentaje de azúcares reductores, pureza y pH del jugo primario y del jugo diluido de la caña de corte manual y mecanizado se aplicó bactericida Magnacide D a diferentes dosificaciones, tomando en cuenta las indicaciones de la hoja técnica del bactericida y criterios de calidad e inocuidad establecidos por el ingenio Monte Rosa. El bactericida Magnacide D se aplicó en los puntos más críticos de contaminación microbiana para disminuir la proliferación de microorganismos y pérdidas de sacarosa. (Ver tabla 6, pág. 37)

Se confirmó con la medición de carga microbiana que los puntos más críticos de contaminación son molino 1 y los coladores (1 y 2) debido a esto se procedió a colocar dos bombas que dosificaban bactericida en forma constante en los siguientes puntos.

6.5.1. Dosificación de Magnacide D en la entrada del molino 1 (B1)

La primera bomba de dosificación se colocó en la entrada del molino 1, donde se da la mayor extracción de jugo para la obtención de sacarosa. El bactericida se adicionaba sobre la caña que entra al primer cilindro del molino (conocida con el nombre masa cañera). La función del bactericida era proporcionar un nivel de asepsia en la superficie metálica de los 4 cilindros que integran el molino 1 y evitar que los microorganismos existentes se transfirieran al jugo extraído

A estos cilindros no se les da una limpieza continua debido a que están cubiertos por unas estructuras llamadas vírgenes. Esta estructura limita el acceso a los cilindros, además trabajan a grandes velocidades. (1000-1500 rpm).



Entrada de la caña al molino 1 que está cubierto por la estructura llamada vírgenes



Masa cañera del molino 1 donde se agregara el bactericida

6.5.2. Dosificación de Magnacide D en el tanque recolector de Jugo Crudo (B2)

La segunda bomba de dosificación se colocó en el tanque recolector de jugo crudo debido a que en este tanque es donde se recolecta todo el jugo extraído del tándem de molino y que luego es bombeado a los coladores (1 y 2). Estos coladores reciben una limpieza parcial, solamente se limpian con chorros de agua caliente a medida que van girando durante el proceso de separación del jugo del bagazo. Los coladores poseen orificios muy diminutos donde se da acumulación de bagazo y por ende se reproduce la carga microbiana, se facilita la formación de azúcares reductores, Dextrana, caída de pureza. Por consiguiente se colocó la bomba dosificadora de bactericida Magnacide D en este punto para que el jugo crudo ingresara a los coladores con bactericida y que funcionara como asepsia en los coladores al igual como en el molino 1.



Tanque recolector de jugo Crudo.



Coladores al que se le bombea el jugo crudo recolectado

6.5.3. Dosificaciones de Magnacide D a evaluar

El molino 1 y el tanque de jugo crudo que se identificaron como los puntos con mayor carga microbiana, fueron los puntos seleccionados donde se colocaron las bombas dosificadoras de bactericida Magnacide D. Se evaluó el bactericida a diferentes dosificaciones. En la tabla 6 se muestran las dosificaciones de Magnacide D que se aplicaron.

Tabla 6. Dosificaciones de Magnacide D que se evaluaron.

Lugar	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3
Entrada del molino 1	25ml /min	30 ml/min	50 ml/min-
Tanque de jugo crudo	25ml/min	20 ml/min	0 ml /min
Total en mililitros	50 ml/min	50 ml/min	50 ml/ min

Se estableció agregar 50 ml por minuto, límite que permitió el área de calidad e higiene del Ingenio Monte Rosa. Para dosificar los 50 ml por minutos se tomo en cuenta los principios activos establecidos por la CFR. En la tabla 7 se muestran los límites de los principios activos para dosificar Magnacide D.

Tabla 7. Límites según CFR de los principios activos para la dosificación de Magnacide D.

Producto	Principio Activo	Concentración	Límite según CFR
MAGNACIDE D	Disodium ethylenebisdithiocarbamate	15 %	3.0 ppm
	Sodium dimethyldithiocarbamate	15 %	3.0 ppm
	Ethylenediamine	Menor 0.75%	2.0 ppm
	Dimethylamine	Menor 0.75%	N/E
	Ethylene thiourea	Menor 1.0%	N/E

Nota: los principios activos no deben ser mayor de lo establecido por la norma.

6.5.4. Cálculos de los principios activos de Magnicide D

$$\left(\frac{50ml}{min}\right)\left(\frac{60min}{1h}\right)\left(\frac{8horas}{1dia}\right) = 24,000 \frac{ml}{dia} / 1000 = 24 \frac{l}{dia}$$

$$\left(\frac{24l}{dia}\right)\left(\frac{1.176g}{ml}\right)\left(\frac{1000ml}{l}\right) = 28,224 \frac{g}{dia} = \frac{28,224 \frac{g}{dia}}{4666 \frac{tonelada}{dia}} = \left(6.048 \frac{g}{tonelada}\right) \left(\frac{1000 \frac{mg}{g}}{1000 \frac{kg}{tonelada}}\right) = 6.048 \frac{mg}{kg}$$

$$6.048mg / kg \times 0.15 = 0.90mg / kg \quad \text{Disodium ethylenebisdithio carbamate}$$

$$6.048mg / kg \times 0.15 = 0.90mg / kg \quad \text{Sodium dimethyldithiocarbamate}$$

$$6.048mg / kg \times 0.015 = 0.045mg / kg \quad \text{Dimethylamine}$$

6.6. Diseño de Experimento para la medición de jugo primario y diluido antes y después de aplicación de bactericida

Los factores que afectan las pérdidas de sacarosa en el proceso de extracción son factores cualitativos y cuantitativos y cada uno de ellos influye directamente en la calidad de jugo que se obtiene. En la tabla 8 se muestran los factores que inciden en el proceso.

Tabla 8. Factores cualitativos y cuantitativos de pérdidas de sacarosa sin y con aplicación de Magnacide D.

Factores		
Factores cualitativos para la caña.	Tipo de corte de caña	Manual o Quemada
		Mecanizado
	Variedad de caña	Cp72-2086
		Cp88-1165
		Cp73-1565
		Cp89-2143
	Tiempo de permanencia	< de 24 horas
		< de 34 horas
		< de 48 horas
	Precedencia	Lugar de cultivo.
Factores cuantitativos para la caña	% de caña podrida, %de Trash, % de fibra, Brix, Pol, pureza	
Factores Cuantitativos para los jugos	Temperatura y pH de los jugos, Brix, pol, pureza,% de Dextrana, % azúcares reductores,% Glucobrix	

Se puede observar que existe una gran variedad de factores que pueden producir pérdidas de sacarosa en el área de extracción, por lo que se delimitaron estos. Los factores cuantitativos de mayor relevancia según bibliografía son: porcentaje de Dextrana, porcentaje de azúcares reductores, pH y caída de pureza. Los factores cualitativos seleccionados son el tipo de caña y tipo de jugo. Estos fueron utilizados para elaborar las dos matrices de experimentación en Minitab 16 y se obtuvieron los valores medios de porcentaje de Dextrana, porcentaje azúcares reductores, pH y caída de pureza de los tipos de jugo correspondientes a los tipos de caña con y sin aplicación de bactericida Magnacide D. De manera que para cada muestra se analizaron los efectos de los factores cualitativos sobre los factores cuantitativos.

6.6.1. Diseño de Experimento sin aplicación de bactericida Magnacide D

Para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido sin bactericida se utilizó un diseño de experimento llamado diseño factorial $2 \times 2 = 2^2$, este consiste en cuatro combinaciones o puntos experimentales que se realizaron en el software estadístico Minitab 16

6.6.1.1. Factores y niveles del Diseño Factorial 2^2

Este diseño está formado por dos factores. El primer factor es tipo de corte de caña. Este factor tiene dos niveles: corte manual y corte mecanizado. El segundo factor es tipo de jugo. Este tiene dos niveles: jugo primario y jugo diluido. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Diseño Factorial 2^2 para la medición de caña, jugo primario y diluido sin bactericida Magnacide D.

Tipo de corte de caña Factor 1	Tipo de jugo Factor 2	
	Jugo Primario Nivel 1	Jugo Diluido Nivel 2
Manual Nivel 1	Pureza, % Dextrana. % azúcares reductores, pH.	Pureza, % Dextrana. % azúcares reductores, pH.
Mecanizado Nivel 2	Pureza, % Dextrana. % azúcares reductores, pH.	Pureza, % Dextrana. % azúcares reductores, pH.

- **Factores controlables del diseño factorial 2^2**

En este diseño de experimento será el tipo de caña que entrara al proceso de molienda y tipo de jugo.

- **Factores no controlables del diseño factorial 2^2**

Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (Análisis cualitativo).

- **Factores evaluados del diseño factorial 2^2**

Porcentaje de caña podrida, porcentaje de trash, porcentaje de fibra, Brix, Pol, pureza en caña; temperatura, pH, Brix, pol, pureza, porcentaje de Dextrana, porcentaje azúcares reductores, porcentaje Glucobrix en jugos.

6.6.1.2. Desarrollo de la matriz factorial o arreglo factorial 2^2

Una vez que se realizó la selección de factores se procedió a realizar la matriz experimental con el software Minitab 16, que fue facilitado por la empresa (Ingenio Monte Rosa).

Diseño factorial 2^2

Factores: 2 Réplicas: 10 Corridas base: 4 Total de corridas: 40 Bloques base: 1; Total de bloques 1; Número de niveles: 2, 2 Grados de libertad 39

Resultado de hoja de Minitab 16

6.6.1.3. Número de muestras a recolectar para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida para el diseño factorial 2²

Para la medición de parámetros físicos-químicos sin bactericida Magnacide D se recolectó un total de 40 muestras correspondiente a la siguiente clasificación

Tabla.10. Clasificación de las muestras recolectadas para la medición de parámetros físicos-químicos sin bactericida Magnacide D para el diseño factorial 2².

Tipo de corte de caña	No. de muestra totales a tomar	Tipo de jugo a tomar en los tipos de caña		Análisis a realizar en Laboratorio de caña para cada muestra de caña a recolectar		Análisis a realizarse en laboratorio de fábrica para cada muestra de jugo a recolectar.
		Jugo Primario Jp	Jugo Diluido Jd	Cuantitativos	Cualitativos	
Manual	20	10 muestras	10 muestras	Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % trash, %fibra. Medicion de toneladas a moler(análisis cuantitativo)	Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (análisis cualitativo)	Brix, pol, pureza, caída de pureza, % reductores, Glucobrix, % Dextrana, pH, temperatura.
Mecanizado	20	10 muestras	10 Muestras	Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % trash, %fibra. Medicion de toneladas a moler. (analís cuantitativo)	Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (análisis cualitativo)	Brix, pol, pureza, caída de pureza, % reductores, Glucobrix, % Dextrana, pH, temperatura.

6.6.1.4. Aleatorización del diseño factorial 2²

En la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y jugo diluido se cumplió el orden aleatorio para asegurar que las pequeñas diferencias provocadas por material, equipo y todos los factores no controlados se repartan de manera homogénea en todos los tratamientos. (Ver tabla 12, pág. 41).

6.6.1.5. Repetición del diseño factorial 2²

Cada tratamiento para esta medición fue según el orden de aleatorización correspondiente a la muestra a tomar. (Ver tabla 12, pág. 41).

6.6.1.6. Bloqueo del diseño factorial 2^2

El número de bloqueo fue de 1 dado que es un factor de 2^2 el cual requiere como bloqueo mínimo 1. (Ver tabla 12, pág. 41).

Tabla 11. Variables repuestas del diseño factorial 2^2 : parámetros físicos-químicos sin bactericida Magnacide D.

Tipo de Muestra	Variables Repuestas
Jugo primario y jugo diluido de la caña manual	pH
	Pureza: Diferencia de pureza entre jugo primario y jugo diluido
	% de azúcares Reductores
	% Dextrana
Jugo primario y diluido de la caña mecanizada	pH
	Pureza: Diferencia de pureza entre jugo primario y jugo diluido
	% de azúcares Reductores
	% Dextrana

6.6.1.7. Hipótesis

H1: En el jugo obtenido a partir de la caña de corte mecanizado se espera encontrar mayor cantidad Dextrana en comparación con el jugo de caña de corte manual.

H2: Se espera mayor formación de azúcares reductores en los jugos caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual.

6.6.2. Diseño de experimento con aplicación de Magnacide D

Para la medición de parámetros físicos-químicos de la caña, jugo primario y diluido con aplicación de bactericida Magnacide D se utilizó un diseño de experimento llamado diseño factorial $3 \times 2 \times 2 = 3 \times 2^2$. Este diseño consiste en cuatro combinaciones o puntos experimentales que se realizaron en el software estadístico Minitab 16.

6.6.2.1. Factores y niveles del Diseño Factorial 3×2^2

Este diseño tiene tres factores. El factor 1 se llama Dosificación del Magnacide D el cual tiene tres niveles: Dosificación 1 con 25 ml/min en la entrada del molino 1 y 25 ml/min en el tanque de jugo crudo (25-25 ml/min), dosificación 2 con 30 ml/min en el molino 1 y 20 ml/min en el tanque de jugo crudo (30-20 ml/min), dosificación 3 con 50 ml/min en la entrada del molino 1 y 0 ml/min en el tanque de jugo crudo (50-0 ml/min). El factor 2 es el tipo de corte de caña con dos niveles: corte manual y mecanizado. El factor 3 es el tipo de jugo con sus respectivos niveles: jugo primario y diluido. (Ver tabla 13, pág. 42)

● Factores controlables del diseño factorial 3×2^2

En este diseño de experimento será el tipo de caña que entrara al proceso de molienda y tipo de jugo.

Tabla 12. Orden de aleatorización, repetición y bloqueo del diseño factorial 2^2 .

Aleatorización	Orden Corrida	Bloques	Tipo de caña	Tipo de jugo
27	1	1	Mecanizada	Jugo primario
34	2	1	Manual	Jugo Diluido
8	3	1	Mecanizada	Jugo Diluido
1	4	1	Manual	Jugo primario
20	5	1	Mecanizada	Jugo Diluido
18	6	1	Manual	Jugo Diluido
28	7	1	Mecanizada	Jugo Diluido
7	8	1	Mecanizada	Jugo primario
33	9	1	Manual	Jugo primario
3	10	1	Mecanizada	Jugo primario
17	11	1	Manual	Jugo primario
6	12	1	Manual	Jugo Diluido
11	13	1	Mecanizada	Jugo primario
40	14	1	Mecanizada	Jugo Diluido
29	15	1	Manual	Jugo primario
13	16	1	Manual	Jugo primario
5	17	1	Manual	Jugo primario
9	18	1	Manual	Jugo primario
26	19	1	Manual	Jugo Diluido
35	20	1	Mecanizada	Jugo primario
23	21	1	Mecanizada	Jugo primario
32	22	1	Mecanizada	Jugo Diluido
15	23	1	Mecanizada	Jugo primario
19	24	1	Mecanizada	Jugo primario
12	25	1	Mecanizada	Jugo Diluido
39	26	1	Mecanizada	Jugo primario
24	27	1	Mecanizada	Jugo Diluido
36	28	1	Mecanizada	Jugo Diluido
4	29	1	Mecanizada	Jugo Diluido
30	30	1	Manual	Jugo Diluido
14	31	1	Manual	Jugo Diluido
25	32	1	Manual	Jugo primario
16	33	1	Mecanizada	Jugo Diluido
21	34	1	Manual	Jugo primario
31	35	1	Mecanizada	Jugo primario
37	36	1	Manual	Jugo primario
38	37	1	Manual	Jugo Diluido
10	38	1	Manual	Jugo Diluido
2	39	1	Manual	Jugo Diluido
22	40	1	Manual	Jugo Diluido

Tabla 13. Diseño Factorial 3×2^2 para la medición de caña, jugo primario y diluido con bactericida Magnacide D.

Dosificación del Magnacide D Factor 1	Tipo de caña Factor 2			
	Tipo de Jugo Factor 3			
	Jugo Primario	Jugo Diluido	Jugo Primario	Jugo Diluido
25-25 ml/min	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH.	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, Ph	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH
30-20 ml/min	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, Ph
50-0 ml/min	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH	Pureza, % Dextrana, % azúcares reductores, pH

- **Factores no controlables del diseño factorial 3×2^2**

Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (Análisis cualitativo).

- **Factores evaluados del diseño factorial 3×2^2**

Porcentaje de caña podrida, porcentaje de Trash, porcentaje de fibra , Brix , Pol, pureza en caña; temperatura, pH , Brix, pol, pureza, porcentaje de Dextrana, porcentaje azúcares reductores, porcentaje Glucobrix en jugos.

6.6.2.2. Desarrollo de la matriz factorial o arreglo factorial 3×2^2

Una vez que se realizó la selección de factores se procedió a realizar la matriz experimental con el software Minitab 16, que fue facilitado por la empresa (Ingenio Monte Rosa).

Diseño factorial 3×2^2

Factores: 3	Réplicas: 2
Corridas base: 4	Total de corridas: 48
Bloques base: 1	Total de bloques: 1
Número de niveles: 2, 2,	
Grados de libertad 47	

Resultado de hoja de Minitab 16.

6.6.2.3. Número de muestras a recolectar para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D para el diseño factorial 3×2^2

Para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D se recolectaron un total de 48. (Ver tabla 14, pág. 43)

6.6.2.4. Aleatorización del diseño factorial 3×2^2

En la medición de parámetros físicos-químicos de caña, jugo primario y jugo diluido se cumplió el orden aleatorio, para asegurar que las pequeñas diferencias provocadas por material, equipo y todos los factores no controlados se repartan de manera homogénea en todos los tratamientos. (Ver tabla 16, pág. 45)

Tabla.14. Clasificación de las muestras recolectadas para la medición de parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D para el diseño factorial 3×2^2 .

Tipo de corte de caña	No. de muestra totales a tomar	Tipo de jugo a tomar en los tipos de caña		Análisis a realizar en Laboratorio de caña para cada muestra de caña a recolectar		Análisis a realizarse en laboratorio de fábrica para cada muestra de jugo a recolectar.
		Jugo Primario Jp	Jugo Diluido Jd	Cuantitativos	Cualitativos	
Manual	24	12 muestras	12 muestras	Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % trash, %fibra. Medicion de toneladas a moler(análisis cuantitativo)	Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (análisis cualitativo)	Brix, pol, pureza, caída de pureza, % reductores, Glucobrix, % Dextrana, pH, temperatura.
Mecanizado	24	12 muestras	12 Muestras	Brix, pol, pureza, % de caña podrida, % trash, %fibra. Medicion de toneladas a moler. (analisis cuantitativo)	Tipo de corte, precedencia, tiempo de permanencia, variedad de caña. (análisis cualitativo)	Brix, pol, pureza, caída de pureza, % reductores, Glucobrix, % Dextrana, pH, temperatura.

6.6.2.5. Repetición del diseño factorial 3×2^2

Cada tratamiento para esta medición fue según el orden de aleatorización correspondiente a la muestra a tomar. (Ver tabla 16, pág. 45)

6.6.2.6. Bloqueo del diseño factorial 3×2^2

El número de bloqueo fue de 1 dado que es un factor de 3×2^2 el cual requiere como bloqueo mínimo de 1 igual que el 2^2 . (Ver tabla 16, pág. 45)

6.6.2.7. Hipótesis

H1: Con la aplicación de Magnacide D se reducen los porcentajes de Dextrana, porcentaje de azúcares reductores y aumento de las purezas.

Para los análisis de formación de Dextrana con aplicación y sin aplicación de bactericida Magnacide D se realizó la curva de medición de porcentaje de Dextrana debido a que el Ingenio no tiene validado el método y no realiza medición de formación de Dextrana. Sin embargo para poder realizar en futuras zafas este método debe ser validado por las personas certificadas para validar métodos azucareros. En el anexo A5 se muestra todos los procedimientos que se realizaron para construir la curva de medición y poder realizar este análisis que permitió cuantificar las pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana

Tabla 15. Variables repuestas del diseño factorial 3x2²: parámetros físicos-químicos con bactericida Magnacide D.

Tipo de Muestra	Variables Repuestas
Jugo primario y jugo diluido de la caña manual	pH
	Pureza: Diferencia de pureza entre jugo primario y jugo diluido
	% de azúcares Reductores
	% Dextrana
Jugo primario y diluido de la caña mecanizada	pH
	Pureza: Diferencia de pureza entre jugo primario y jugo diluido
	% de azúcares Reductores
	% Dextrana

6.7. Análisis de Datos

Para la evaluación de pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos del área de extracción del ingenio Monte Rosa antes y después de la aplicación de Magnacide D se realizó lo siguiente:

6.7.1. Histograma

Se realizaron histogramas para poder visualizar cuatro informaciones importantes de los datos recolectados que son:

Concentración de los valores en determinadas regiones

Rango de los valores (dispersión o variabilidad)

Forma en la que se distribuye la frecuencia de los datos es decir, el comportamiento del fenómeno ha estudiar

Media estándar agrupada esta permitirá conocer las diferencias numéricas de las variables repuestas: pH, temperatura, caída de pureza, porcentaje de Dextrana, porcentaje de Glucobrix y porcentaje de azúcares reductores de cada uno de los factores mencionados anteriormente. Los valores de media estándar agrupada serán considerados como $\mu_0 = H_0$ es decir que los valores de media estándar agrupada es igual a los valores de hipótesis a verificar.

Tabla 16. Orden de aleatorización, repetición y bloqueo del diseño factorial 3x2².

Aleatorización	Orden Corrida	Bloques	Tipo de corte de caña	Tipo de jugo	Concentración
41	1	1	Manual	Jd	30-20
30	2	1	Manual	Jd	50-0
8	3	1	Mecanizada	Jp	30-20
19	4	1	Mecanizada	Jp	25-25
12	5	1	Mecanizada	Jd	50-0
31	6	1	Mecanizada	Jp	25-25
13	7	1	Manual	Jp	25-25
4	8	1	Manual	Jd	25-25
18	9	1	Manual	Jd	50-0
10	10	1	Mecanizada	Jd	25-25
43	11	1	Mecanizada	Jp	25-25
36	12	1	Mecanizada	Jd	50-0
21	13	1	Mecanizada	Jp	50-0
11	14	1	Mecanizada	Jd	30-20
17	15	1	Manual	Jd	30-20
32	16	1	Mecanizada	Jp	30-20
9	17	1	Mecanizada	Jp	50-0
6	18	1	Manual	Jd	50-0
39	19	1	Manual	Jp	50-0
34	20	1	Mecanizada	Jd	25-25
29	21	1	Manual	Jd	30-20
15	22	1	Manual	Jp	50-0
20	23	1	Mecanizada	Jp	30-20
1	24	1	Manual	Jp	25-25
38	25	1	Manual	Jp	30-20
47	26	1	Mecanizada	Jd	30-20
37	27	1	Manual	Jd	25-25
25	28	1	Manual	Jp	25-25
5	29	1	Manual	Jd	30-20
16	30	1	Manual	Jd	25-25
44	31	1	Mecanizada	Jp	30-20
27	32	1	Manual	Jp	50-0
35	33	1	Mecanizada	Jd	30-20
33	34	1	Mecanizada	Jp	50-0
45	35	1	Mecanizada	Jp	50-0
42	36	1	Manual	Jd	50-0
22	37	1	Mecanizada	Jd	25-25
14	38	1	Manual	Jp	30-20
28	39	1	Manual	Jd	25-25
40	40	1	Manual	Jd	25-25
7	41	1	Mecanizada	Jp	25-25
23	42	1	Mecanizada	Jd	30-20
46	43	1	Mecanizada	Jd	25-25
26	44	1	Manual	Jp	30-20
3	45	1	Manual	Jp	50-0
48	46	1	Mecanizada	Jd	50-0
24	47	1	Mecanizada	Jd	50-0
2	48	1	Manual	Jp	30-20

En la tabla 17 se detallan los histogramas que se realizaron por cada variable repuesta.

Tabla 17. Histogramas.

1	Histograma de rango de temperatura (t °C)
2	Histograma de acidez (pH)
3	Histograma de porcentaje de Dextrana
4	Histograma de porcentaje de azúcares reductores
5	Histograma de porcentaje de Glucobrix
6	Histograma de caída de pureza

6.7.2. Diagrama de caja

Se realizaron diagramas de caja para poder evaluar la distribución de los datos. En la tabla 18 se detallan los diagrama de caja que se realizaron.

Tabla 18. Diagramas de caja.

1	Diagrama de caja de rango de temperatura (t °C)
2	Diagrama de caja de acidez (pH)
3	Diagrama de caja porcentaje de Dextrana
4	Diagrama de caja de porcentaje de azúcares reductores
5	Diagrama de caja porcentaje de Glucobrix
6	Diagrama de caja de caída de pureza

6.7.3. Diagrama de iteración y efectos principales

Se necesitaba investigar la posible relación entre las variables repuestas. Con diagrama de iteración y efectos principales se confirmó o se descartó la hipótesis de que existe relación entre las variables que se compararon. En la tabla 19 se muestran los diagramas de iteración que se realizaron.

Tabla 19. Diagramas de iteración.

1	Iteración de rango de temperatura (t °C)
2	Iteración de acidez (pH)
3	Iteración de porcentaje de Dextrana
4	Iteración de porcentaje de azúcares reductores
5	Iteración de porcentaje de Glucobrix
6	Iteración de caída de pureza

6.7.4. Análisis de Anova para el diseño factorial 2²

El análisis de Anova fue de mucha importancia debido a que permitió conocer la situación real del proceso de extracción. Esto fue el punto de referencia para comparar los datos antes y después de aplicar bactericida Magnacide D y evaluar su efectividad. En la tabla 20 se muestra el análisis de Anova del diseño de experimento 2².

Tabla 20. Anova para el diseño factorial 2^2 .

FV	SC	GL	CM	F-razón	Valor -p
A	SC_A	1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F>F_0)$
B	SC_B	1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F>F_0)$
AB	SC_{AB}	1	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F>F_0)$
Error	SC_E	$4(n-1)$	CM_E		
Total	SC_T	$n2^2-1$			

En la tabla 21 se presentan los análisis de Anovas que se realizaron.

Tabla 21. Anovas para las variables repuestas del el diseño de factorial 2^2 .

1	Análisis de Anova a rango de temperatura (t °C)
2	Análisis de Anova para acidez (pH)
3	Análisis de Anova para porcentaje de Dextrana
4	Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores
5	Análisis de Anova para porcentaje de Glucobrix
6	Análisis de Anova para caída de pureza

6.7.5. Análisis de Anova para el diseño factorial 3×2^2

El análisis de Anova para los datos con aplicación de Magnacide D se utilizó para determinar la eficiencia del bactericida en la reducción de las pérdidas de sacarosa. En la tabla 22 se muestra el análisis de Anova del diseño de experimento 3×2^2 .

Tabla 22. Anova para el diseño factorial 3×2^2 .

FV	SC	GL	CM	F-razón	Valor -p
A	SC_A	1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F>F_0)$
B	SC_B	1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F>F_0)$
C	SC_C	1	CM_C	CM_C/CM_E	$P(F>F_0)$
AB	SC_{AB}	1	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F>F_0)$
AC	SC_{AC}	1	CM_{AC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F>F_0)$
BC	SC_{BC}	1	CM_{BC}	CM_{BC}/CM_E	$P(F>F_0)$
ABC	SC_{ABC}	1	CM_{ABC}	CM_{ABC}/CM_E	$P(F>F_0)$
Error	SCE	$2^3(n-1)$	CM_E		
Total	SC_T	$n2^3-1$			

En la tabla 23 se presentan los análisis de Anovas que se realizaron.

Tabla 23. Anovas para las variables repuestas del diseño factorial 3×2^2 .

1	Análisis de Anova a rango de temperatura (t °C)
2	Análisis de Anova para acidez (pH)
3	Análisis de Anova para porcentaje de Dextrana
4	Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores
5	Análisis de Anova para porcentaje de Glucobrix
6	Análisis de Anova para caída de pureza

6.7.6. Graficos de media para el diseño de experimento 3×2^2

Se realizaron para corroborar que las hipótesis planteadas en el diseños de experimento 2^2 y el diseño de experimento 3×2^2 son verdaderas.

Permitió hacer una comparación visual y estadísticas de las medias de los tratamientos (o sea aplicación de las diferentes dosificaciones: 25-25 ml/min, 30-20 ml/min, 50-0 ml/min) y conocer cuál de las dosificaciones fue la más efectiva a utilizar en zafras posteriores.

6.7.7. Cálculos económicos de las pérdidas de sacarosa

Las pérdidas de sacarosa por carga microbiana y por inversión ácida, fueron referidas a pérdidas económicas, esto se determinó al conocer la cantidades de sacarosa que pierden por la formación de Dextrana y azúcares reductores en libra por tonelada métrica corta de caña molida que se procesan con un flujo de 14,000 toneladas de caña por día.

Las pérdidas de sacarosa por carga microbiana se calcularon a través de la formación de Dextrana. Con el porcentaje de Dextrana (%Dext.) se cálculo los gramos del polisacárido Dextrana que están presente por cada 100 ml de jugo, determinando con este valor la sacarosa pérdida en libra por tonelada métricas corta de caña molida (lb/tcm), valor que fue ponderado con las 14,000.00 toneladas de caña que se procesan por día en el ingenio para conocer las pérdidas totales de sacarosa producidas por Dextrana. Las pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana se calcularon con y sin aplicación de bacterida para identificar si al aplicar bactericida Magnacide D disminuía las pérdidas de sacarosa, evaluando de esta forma la efectividad del bactericida referidas en disminución de pérdidas económicas. *(Ver anexo F)*

Las pérdidas de sacarosa por inversión ácida se calcularon a través de la formación de azúcares reductores. Con el porcentaje de azúcares reductores (%AR) se cálculo los gramos de sacarosa destruida en cada 100 ml de jugo, determinando la sacarosa pérdida en libra por tonelada métricas corta de caña molida (lb/tcm), valor que fue ponderado con las 14,000.00 toneladas de caña que se procesan por día en el ingenio para conocer las pérdidas totales de sacarosa por inversión ácida. Las pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores se calcularon con y sin aplicación de bacterida para identificar si la aplicación del bactericida Magnacide D influía a disminuir las pérdidas de sacarosa por inversión ácida, referidas en disminución de pérdidas económicas. *(Ver anexo F)*

El cálculo para conocer las libras de sacarosa que se pierden por formación de Dextrana y azúcares reductores se logró con las ecuaciones que se presentan en el anexo.

Con las pérdidas de sacarosa por carga microbiana y azúcares reductores, se realizaron cálculos financieros para conocer las pérdidas económicas tomando en cuenta que el costo de producción por cada tonelada de azúcar es de \$220 equivalente a \$ 0.11 por cada libra

VII. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos permitieron evaluar el estado real del proceso antes y después de la aplicación del bactericida Maganacide D y conocer las pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos del área de extracción.

7.1. Pérdidas de sacarosa sin aplicación de bactericida Maganacide D

7.1.1 Pérdidas de sacarosa por inversión ácida sin aplicación de bactericida

Las pérdidas de sacarosa por carga microbiana no se producirían si primeramente ocurre la desintegración biológica de la sacarosa en glucosa y fructuosa conocida como inversión ácida que da lugar a una fracción glucosídica. Esta es activada por la enzima dextranosacarasa, a través de una especie de bacteria ácida conocida como *Leuconostoc* dando inicio a la inversión por carga microbiana. Por esta razón se realizó la cuantificación de pérdidas de sacarosa por inversión ácida para analizar la influencia de esta inversión sobre la inversión por carga microbiana.

En la tabla 24 se presentan las variables repuestas utilizadas.

% Ar: Porcentaje de azúcares reductores

% Gbrix: Porcentaje de glucobrix

cp: caída de pureza

Estas variables se consideran de repuestas para la medición de inversión ácida o natural.

t (°C): temperatura

pH: Acidez

% Dext.: Porcentaje de Dextrana

Estas variables se consideran de repuestas para la medición de inversión por carga microbiana que permitieron conocer el promedio en que oscila la carga microbiana en los jugos según el tipo de caña procesada en el área de extracción.

En la tabla 24 también se presentan las variables cualitativas de cada una de las muestras que fueron recolectadas para ver la influencia de estas en la medición de pérdidas de sacarosa por ambos tipos de inversión. Cada uno de estos datos fue introducido en la matriz que se diseñó en el programa estadístico Minitab 16.

Tabla 24. Variables repuestas: situación del proceso antes de la aplicación de Bactericida Magnacide D.

No	Tc	Tj	t (°C)	pH	% Dext.	%AR	% Gbrix	Cp(jp-jd)	Procedencia
1	MQ	Jp	32.10	5.50	101.00	1.11	5.94	1.07	Palo Alto
2	MQ	Jp	31.00	5.54	272.50	1.32	7.82	0.52	Palo Alto
3	MQ	Jp	32.00	5.32	235.00	1.23	7.89	0.33	Sta. Niña
4	MQ	Jp	30.50	5.70	285.00	1.00	6.25	0.56	Sta. Elena
5	MQ	Jp	30.10	5.59	160.00	1.02	6.32	0.32	Palo Alto
6	MQ	Jp	37.30	5.42	197.50	1.00	6.12	0.60	San Ramón
7	MQ	Jp	32.00	5.57	247.50	0.51	2.93	0.45	El naranjal
8	MQ	Jp	29.30	5.43	122.50	0.40	2.60	0.47	Sta. Elena
9	MQ	Jp	29.00	5.16	260.00	0.85	5.22	0.85	La chilla
10	MQ	Jp	31.00	5.42	457.50	0.90	5.84	1.89	La chilla
11	MQ	Jd	36.00	5.40	47.50	0.84	6.19	1.07	Palo Alto
12	MQ	Jd	34.00	4.42	147.50	1.05	8.50	0.52	Palo Alto
13	MQ	Jd	36.50	5.33	97.50	1.13	8.65	0.33	Sta. Niña
14	MQ	Jd	35.70	6.00	85.00	0.80	7.81	0.56	Sta. Elena
15	MQ	Jd	38.00	5.70	10.00	0.94	7.13	0.32	Palo Alto
16	MQ	Jd	38.10	5.48	75.00	0.90	6.83	0.60	San Ramón
17	MQ	Jd	39.00	5.09	197.50	0.44	3.17	0.45	El naranjal
18	MQ	Jd	37.50	5.34	72.50	0.33	2.70	0.47	Sta. Elena
19	MQ	Jd	35.50	5.19	27.00	0.77	6.27	0.85	La chilla
20	MQ	Jd	38.00	5.48	267.00	0.80	6.04	1.89	La chilla
21	MV	Jp	26.00	5.33	247.50	0.52	2.94	0.60	El triunfo
22	MV	Jp	33.00	5.53	160.00	1.00	6.90	0.19	Los Lirios
23	MV	Jp	28.00	6.58	272.50	0.81	4.80	0.44	Los Lirios
24	MV	Jp	30.10	5.54	347.50	0.95	6.50	0.96	Roma
25	MV	Jp	29.30	5.52	85.00	0.54	3.04	0.34	Roma
26	MV	Jp	31.00	5.35	772.50	0.54	3.04	0.10	Ameya
27	MV	Jp	31.60	5.78	35.00	0.40	2.00	0.36	Ameya
28	MV	Jp	29.80	5.26	485.00	1.05	6.17	0.36	Las delicias
29	MV	Jp	33.00	5.26	222.50	1.04	6.32	0.40	Las delicias
30	MV	Jp	31.00	5.35	72.50	1.09	6.55	0.57	La lapa
31	MV	Jd	40.10	5.82	97.50	0.42	3.00	0.60	El triunfo
32	MV	Jd	38.00	5.35	110.00	0.89	7.25	0.19	Los Lirios
33	MV	Jd	39.00	7.00	62.00	0.71	5.09	0.44	Los Lirios
34	MV	Jd	34.50	5.56	172.50	0.81	7.07	0.96	Roma
35	MV	Jd	38.30	5.56	110.00	0.49	3.51	0.34	Roma
36	MV	Jd	40.00	5.20	10.00	0.49	3.55	0.10	Ameya
37	MV	Jd	38.10	5.47	10.00	0.30	2.23	0.36	Ameya
38	MV	Jd	36.80	5.36	435.00	0.87	6.36	0.36	Las delicias
39	MV	Jd	40.00	5.36	135.00	0.85	6.50	0.40	Las delicias
40	MV	Jd	38.00	6.46	72.50	0.91	6.70	0.57	La lapa

Continuación de la Tabla 24. Variables repuestas: situación actual antes de aplicación de bactericida Magnacide D.

variedad de caña	toneladas de caña a moler	Trash	% de caña podrida	Brix	Pol	Pureza	% Fibra	Rendto de sacarosa (kg/tn)	tiempo de permanencia
cp72-2086	153.20	3.60	1.70	16.20	14.60	83.20	12.60	126.70	< de 34 horas
cp88-1165	153.20	2.67	1.60	18.74	16.26	88.06	13.10	1365.00	< de 48 horas
cp72-2086	162.00	3.60	1.70	16.20	14.60	83.20	12.60	126.70	< de 48 horas
cp88-1165	121.72	4.60	1.70	18.94	16.51	87.19	12.80	138.49	< de 43 horas
cp88-1165	143.30	2.30	0.90	17.26	15.14	87.75	12.80	126.94	< de 48 horas
cp72-2086	86.42	3.88	1.21	18.78	16.53	88.05	11.90	139.00	< de 48 horas
cp88-1165	78.60	3.90	2.10	17.60	15.21	81.10	13.21	133.20	< de 24 horas
cp88-1165	123.70	4.80	2.30	15.20	13.70	79.63	12.20	117.20	< de 24 horas
cp72-2086	162.10	5.10	1.60	19.20	17.63	86.20	13.10	134.20	< de 24 horas
cp72-2086	123.70	4.70	2.10	18.90	15.91	84.20	11.90	128.30	< de 24 horas
cp72-2086	153.20	3.60	1.70	16.20	14.60	83.20	12.60	126.70	< de 24 horas
cp88-1165	153.20	2.67	1.60	18.74	16.26	88.06	13.10	1365.00	< de 48 horas
cp72-2086	162.00	3.60	1.70	16.20	14.60	83.20	12.60	126.70	< de 48 horas
cp88-1165	121.72	4.60	1.70	18.94	16.51	87.19	12.80	138.49	< de 43 horas
cp88-1165	143.30	2.30	0.90	17.26	15.14	87.75	12.80	126.94	< de 48 horas
cp72-2086	86.42	3.88	1.21	18.78	16.53	88.05	11.90	139.00	< de 48 horas
cp88-1165	78.60	3.90	2.10	17.60	15.21	81.10	13.21	133.20	< de 24 horas
cp88-1165	123.70	4.80	2.30	15.20	13.70	79.63	12.20	117.20	< de 24 horas
cp72-2086	162.10	5.10	1.60	19.20	17.63	86.20	13.10	134.20	< de 24 horas
cp72-2087	123.70	4.70	2.10	18.90	15.91	84.20	11.90	128.30	< de 24 horas
cp88-1165	70.40	10.82	2.26	19.41	16.96	87.38	13.04	142.30	< de 24 horas
cp72-2086	177.66	12.61	2.88	19.01	16.68	87.77	12.56	140.12	< de 24 horas
cp88-1165	178.06	10.70	1.38	15.28	12.87	84.26	13.12	107.98	< de 24 horas
cp72-2086	175.58	10.50	2.00	17.95	15.74	87.72	13.20	132.03	< de 24 horas
cp72-2086	202.06	14.94	1.57	18.63	16.24	87.21	13.06	136.17	< de 24 horas
cp72-2086	96.95	11.82	1.77	17.36	15.29	88.11	12.56	128.21	< de 24 horas
cp72-2086	120.72	11.82	1.68	15.67	13.21	84.35	12.96	110.62	< de 34 horas
cp72-2086	149.62	14.20	2.60	18.60	16.23	87.60	13.00	128.36	< de 43 horas
cp72-2086	153.20	13.60	1.79	19.10	17.05	89.60	12.96	131.20	< de 24 horas
cp72-2086	208.02	2.60	1.00	18.00	16.13	88.13	13.40	128.60	< de 24 horas
cp88-1165	70.40	10.82	2.26	19.41	16.96	87.38	13.04	142.30	< de 24 horas
cp72-2086	177.66	12.61	2.88	19.01	16.68	87.77	12.56	140.12	< de 24 horas
cp88-1165	178.06	10.70	1.38	15.28	12.87	84.26	13.12	107.98	< de 24 horas
cp72-2086	175.58	10.50	2.00	17.95	15.74	87.72	13.20	132.03	< de 24 horas
cp72-2086	202.06	14.94	1.57	18.63	16.24	87.21	13.06	136.17	< de 24 horas
cp72-2086	96.95	11.82	1.77	17.36	15.29	88.11	12.56	128.21	< de 24 horas
cp72-2086	120.72	11.82	1.68	15.67	13.21	84.35	12.96	110.62	< de 34 horas
cp72-2086	149.62	14.20	2.60	18.60	16.23	87.60	13.00	128.36	< de 43 horas
cp72-2086	153.20	13.60	1.79	19.10	17.05	89.60	12.96	131.20	< de 24 horas
cp72-2086	208.02	2.60	1.00	18.00	16.13	88.13	13.40	128.60	< de 24 horas

El proceso de inversión ácida implica el desdoblamiento del disacárido sacarosa, formando los azúcares reductores glucosa y fructuosa. Basado en este principio se determinó la cantidad de sacarosa que se destruye en el tándem de molinos del área de extracción en la formación de porcentajes de azúcares reductores determinado con el procedimiento de Lane y Eynon.

7.1.1.1 Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores sin aplicación de Magnacide D

Los datos recolectados de porcentaje de azúcares reductores (% AR, tabla 24 pág.50) se procesaron en la matriz del experimento 2² diseñado en Minitab 16 para obtener el análisis de varianza y observar la influencia de los factores: tipo de corte de caña y tipo de jugo en la formación de estos.

Según el análisis de Anova que se presenta en la tabla 25 muestra que ambos factores influyen en el desdoblamiento del disacárido sacarosa al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P).

Tabla 25. Análisis de Anova para porcentaje de azúcares reductores (%Ar) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)	1	0.17	0.17	2.72	0.10
tj (Tipo de jugo)	1	0.16	0.16	2.48	0.12
Error	37	2.41	0.06		
Total	39	2.75			
R ² _{aj} = 12.33					
R ² _{aj} ajustado= 7.59%					
S= 0.255					

Fuente: Minitab 16

La media, basada en la desviación estándar agrupada, muestra que existe una diferencia de 0.13 tanto para el tipo de corte de caña como para el tipo de jugo. Esto confirma porque el análisis de Anova indica que ambos factores son significativos. (Ver tabla 26 y 27).

Intervalo de confianza de 95%
Individual para la media basado
en la desviación estándar agrupada.

Tabla 26. Tipo de corte para % AR SB.

Tipo de corte	Media
Manual	0.86
Mecanizada	0.73

Fuente: Minitab 16

Intervalo de confianza de 95%
individual para la media basada
en la desviación estándar agrupada

Tabla 27. Tipo de jugo para % AR SB.

Tipo de jugo	Media
Diluido	0.73
Primario	0.86

Fuente: Minitab 16

Posteriormente al observar este comportamiento se usaron los datos de porcentaje de azúcares reductores (%AR, tabla 24, pág. 50) para calcular las pérdidas de sacarosa totales por formación de porcentaje de azúcares reductores, expresados en libra por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) según el tipo de corte y su tipo de jugo correspondiente a cada muestra recolectada. Estos cálculos fueron procesados en la matriz del diseño de experimento 2²

En las tablas 28, 29, 30 y 31 se muestran los cálculos correspondientes según tipo de corte de caña y tipo de jugo.

Tabla 28. Pérdidas de sacarosa totales por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molidas de corte manual para el jugo primario (lb/130.79 tcm-MQ-jp) para azúcares reductores sin bactericida.

Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g. de AR	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
MQ-jp	22.76	1.11	439.37	2.53	2.40	0.04	153.20	6.25 lb
MQ-jp	18.91	1.32	528.82	2.50	2.37	0.04	153.20	6.18 lb
MQ-jp	18.88	1.23	529.66	2.32	2.21	0.04	162.00	6.08 lb
MQ-jp	18.87	1.00	529.94	1.89	1.79	0.03	121.72	3.71 lb
MQ-jp	18.12	1.02	551.88	1.85	1.76	0.03	143.30	4.28 lb
MQ-jp	18.17	1.00	550.36	1.82	1.73	0.03	86.42	2.54 lb
MQ-jp	19.91	0.51	502.26	1.02	0.96	0.02	78.60	1.29 lb
MQ-jp	18.49	0.40	540.83	0.74	0.70	0.01	123.70	1.48 lb
MQ-jp	19.29	0.85	518.40	1.64	1.56	0.03	162.10	4.29 lb
MQ-jp	18.12	0.90	551.88	1.63	1.55	0.03	123.70	3.26 lb

Tabla 29. Pérdidas de sacarosa totales por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molidas de corte manual para el jugo diluido (lb/130.79tcm-MQ-jd) para azúcares reductores sin bactericida.

Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g. de AR	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
MQ-jd	16.73	0.84	597.73	1.41	1.34	0.02	153.20	3.48 lb
MQ-jd	13.92	1.05	718.39	1.46	1.39	0.02	153.20	3.62 lb
MQ-jd	15.89	1.13	629.33	1.80	1.71	0.03	162.00	4.70 lb
MQ-jd	12.16	0.80	822.37	0.97	0.92	0.02	121.72	1.91 lb
MQ-jd	14.86	0.94	672.95	1.40	1.33	0.02	143.30	3.23 lb
MQ-jd	14.76	0.90	677.51	1.33	1.26	0.02	86.42	1.85 lb
MQ-jd	15.96	0.44	626.57	0.70	0.67	0.01	78.60	0.89 lb
MQ-jd	14.78	0.33	676.59	0.49	0.46	0.01	123.70	0.97 lb
MQ-jd	14.71	0.77	679.81	1.13	1.08	0.02	162.10	2.97 lb
MQ-jd	15.94	0.80	627.35	1.28	1.21	0.02	123.70	2.55 lb

La media de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores del jugo primario para la caña de corte manual es de 3.92 libras por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molida (lb/130.79 tcm) y la media de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores del jugo diluido para la caña de corte manual es de 2.61 libras por las 130.79 toneladas métricas de caña molida (lb/130.79 tcm). (Ver anexo C1 y C2)

Tabla 30. Pérdidas de sacarosa totales por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario (lb/ 153.22 tcm-MV-jp) para azúcares reductores sin bactericida.

Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g. de sacarosa	g. de jd que contienen los g. de AR	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
MV-jp	19.68	0.52	508.13	1.02	0.97	0.00	70.40	0.27 lb
MV-jp	17.32	1.00	577.37	1.73	1.65	0.01	177.66	1.17 lb
MV-jp	19.68	0.81	508.13	1.59	1.51	0.01	178.06	1.08 lb
MV-jp	17.43	0.95	573.72	1.66	1.57	0.01	175.58	1.10 lb
MV-jp	20.11	0.54	497.27	1.09	1.03	0.00	202.06	0.83 lb
MV-jp	20.11	0.54	497.27	1.09	1.03	0.00	96.95	0.40 lb
MV-jp	18.96	0.40	527.43	0.76	0.72	0.00	120.72	0.35 lb
MV-jp	20.28	1.05	493.10	2.13	2.02	0.01	149.62	1.21 lb
MV-jp	19.12	1.04	523.01	1.99	1.89	0.01	153.20	1.16 lb
MV-jp	19.04	1.09	525.21	2.08	1.97	0.01	208.02	1.64 lb

Tabla 31. Pérdidas de sacarosa totales por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario (lb/ 153.22 tcm-MV-jp) para azúcares reductores sin bactericida.

Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jd que contienen los g. de AR	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
MV-jd	15.97	0.42	626.17	0.67	0.64	0.00	70.40	0.18 lb
MV-jd	14.69	0.89	680.74	1.31	1.24	0.00	177.66	0.88 lb
MV-jd	16.38	0.71	610.50	1.16	1.10	0.00	178.06	0.79 lb
MV-jd	13.83	0.81	723.07	1.12	1.06	0.00	175.58	0.75 lb
MV-jd	15.87	0.49	630.12	0.78	0.74	0.00	202.06	0.60 lb
MV-jd	15.6	0.49	641.03	0.76	0.73	0.00	96.95	0.28 lb
MV-jd	15.48	0.30	645.99	0.46	0.44	0.00	120.72	0.21 lb
MV-jd	16.37	0.87	610.87	1.42	1.35	0.01	149.62	0.81 lb
MV-jd	15.18	0.85	658.76	1.28	1.22	0.00	153.20	0.75 lb
MV-jd	15.64	0.91	639.39	1.42	1.35	0.01	208.02	1.13 lb

La media de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores del jugo primario para la caña de corte mecanizado es de 0.92 libras por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida (lb/ 153.22 tcm) y la media de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores de jugo diluido para la caña de corte mecanizado es de 0.63 libras por las 153 toneladas métricas corta de caña molida (lb/153.22 tcm). Con respecto al factor tipo de corte, la inversión es mayor en la caña de corte manual y para el factor tipo de jugo, la inversión es mayor en el jugo primario. (Ver anexo C3 y C4)

7.1.1.2. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix sin aplicación de bactericida Magnacide D

Con los datos de porcentaje de glucobrix (%Gbrix, tabla 24, pág. 50) se realizó el análisis de Anova que se presenta en la tabla 32 el cual muestra que ambos factores influyen en el desdoblamiento del disacárido sacarosa al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P).

Tabla 32. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix (% Gbrix) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)	1	10.72	10.72	3.08	0.08
tj (Tipo de jugo)	1	2.18	2.18	0.63	0.43
Error	37	128.68	3.47		
Total	39	141.59			

$R^2_{ij} = -9.11\%$
 $R^2_{ij \text{ ajustado}} = -4.20\%$
 $S = -1.865$

Fuente: Minitab 16

La media basada en la desviación estándar agrupada con un intervalo de confianza del 95% muestra una diferencia de 1.08 para el tipo de corte de caña. Para el tipo de jugo muestra una diferencia de 0.46. (Ver anexo C5, tabla 33 y 34).

Tabla 33. Tipo de corte para % Gbrix SB.

Tipo de corte	Media
Manual	6.01
Mecanizada	4.97

Fuente: Minitab 16

Tabla 34. Tipo de jugo para % Gbrix SB.

Tipo de jugo	Media
Diluido	5.72
Primario	5.26

Fuente: Minitab 16

7.1.1.3. Análisis Anova para caída de pureza sin aplicación de Magnacide D

Con los datos de porcentaje de caída de pureza (cp, tabla 24, pág.50) se realizó el análisis de Anova que se presenta en la tabla 35 el cual muestra que el factor tipo de corte influyen en el desdoblamiento del disacárido sacarosa al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P).

Tabla 35. Análisis de Anova para caída de pureza (cp.) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)	1	0.76	0.76	5.58	0.02
tj (Tipo de jugo)	1	0.00	0.00	0.00	1.00
Error	37	5.04	0.13		
Total	39	5.80			

$R^2_{ij} = 13.11\%$
 $R^2_{ij \text{ ajustado}} = 8.41\%$
 $S = 0.3693$

Fuente: Minitab 16

La media basada en la desviación estándar agrupada con un intervalo de confianza del 95% muestra una diferencia de 0.27 para el tipo de corte de caña. Para el tipo de jugo no existe diferencia. (Ver tabla 36 y 37).

Tabla 36. Tipo de corte para cp sin bactericida.

Tipo de corte	Media
Manual	0.70
Mecanizada	0.43

Fuente: Minitab 16

Tabla 37. Tipo de jugo para cp sin bactericida.

Tipo de jugo	Media
Diluido	0.56
Primario	0.56

Fuente: Minitab 16

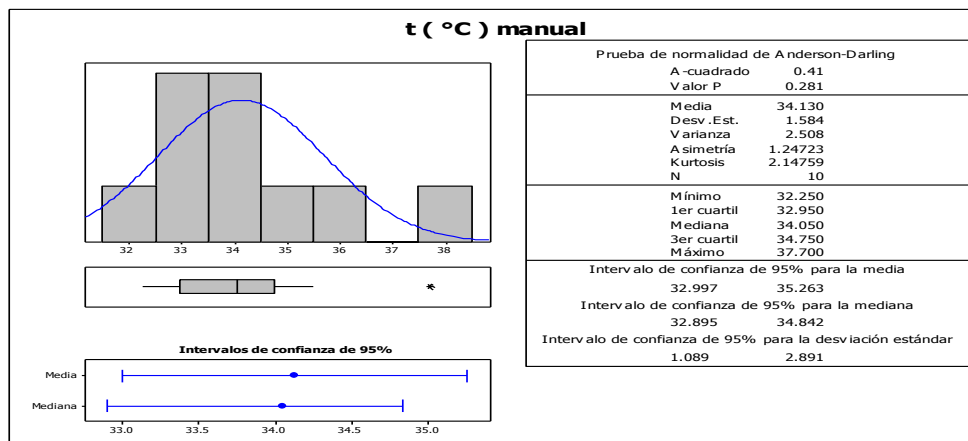
7.1.2. Pérdidas de sacarosa por carga microbiana sin aplicación de bactericida

7.1.2.1. Análisis de Anova para la temperatura sin aplicación de Magnacide D

La inversión por carga microbiana se da por la activación de la enzima Dextranosacarasa la cual es activada por un tipo de bacteria acida llamada *Leuconostoc* que prospera en condiciones de temperatura entre 20°C y 30°C. Altas temperaturas son condiciones menos favorables para evitar el desarrollo de la formación de Dextrana. Por esta razón se necesitaba conocer las temperaturas existen en el proceso de extracción de sacarosa en el tándem de molinos del ingenio Monte Rosa

En la grafica 12 se muestra que la temperatura promedio en la caña de corte manual es de 34.13 °C con una desviación estándar de 1.58 con un valor de confianza del 95%.

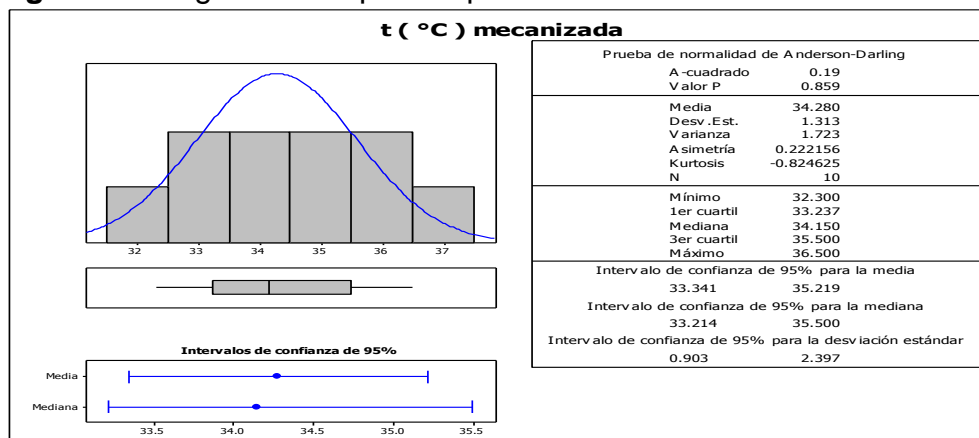
Figura 12. Histograma de temperatura para caña de corte manual sin bactericida.



Fuente: Minitab 16

En la grafica 13 se muestra que la temperatura promedio en la caña de corte mecanizado es de 34.28 °C con una desviación estándar de 1.31 con un valor de confianza del 95%.

Figura 13. Histograma de temperatura para caña de corte mecanizado sin bactericida.



Fuente: Minitab 16

En las graficas 12 y 13 se presentan las medias de los valores de temperatura para cada tipo de corte de caña (manual y mecanizado) observando que la desviación estándar agrupada solo varía en un rango de 0.15, valor que no es significativo al compararlo con el análisis de varianza al ser el valor F-razón menor que el valor probabilidad P. El tipo de jugo (primario y diluido) presenta un valor significativo ya que el valor F-razón es mayor que el valor de la probabilidad P, debido a que la desviación estándar agrupada presenta una diferencia de 6.7. Estos valores se presentan en las tablas 38 y 39 de desviación estándar agrupada con un intervalo de confianza del 95 % y en la tabla 40 de análisis de Anova para temperatura con una justificación del 74% de los datos recolectados.

Tabla 38. Tipo corte para temperatura SB.

Tipo de corte	Media
Manual	34.13
Mecanizada	34.28

Fuente: Minitab 16

Tabla 39. Tipo jugo para temperatura SB.

Tipo de jugo	Media
Diluido	37.55
Primario	30.85

Fuente: Minitab 16

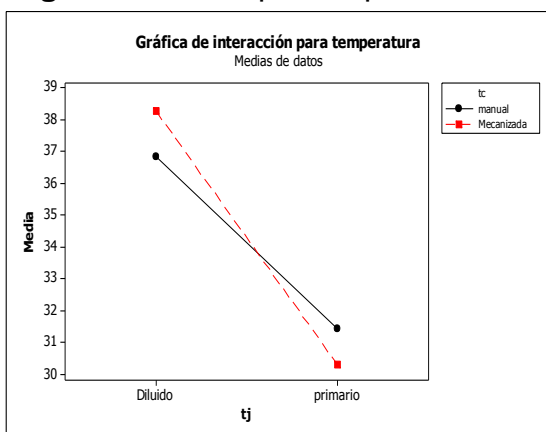
Tabla 40. Análisis de Anova para la temperatura (t° C) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (tipo de corte)	1	0.22	0.22	0.05	0.81
Tj (tipo de jugo)	1	448.90	448.90	106.47	0.00
Error	37	155.99	4.21		
Total	39	605.11			
$R^2_{ij}=74.77\%$ $R^2_{ij}=72.83\%$ $S=2.053$					

Fuente: Minitab 16

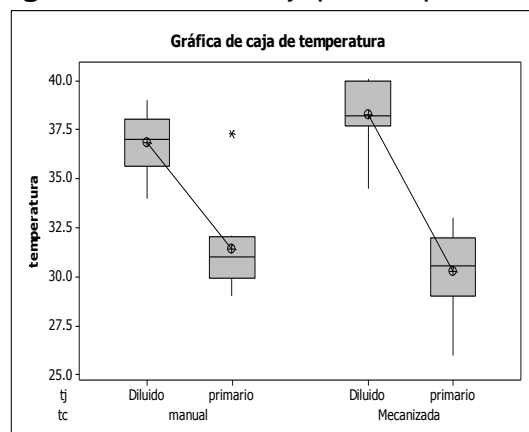
En las graficas 14 y 15 se comprueba una vez más que el tipo de corte de caña no influye sobre la temperatura. Pero el jugo diluido presenta valores de temperaturas más altas que en el jugo primario.

Figura 14. Iteración para temperatura SB.



Fuente: Minitab 16

Figura 15. Grafica de caja para temperatura SB.



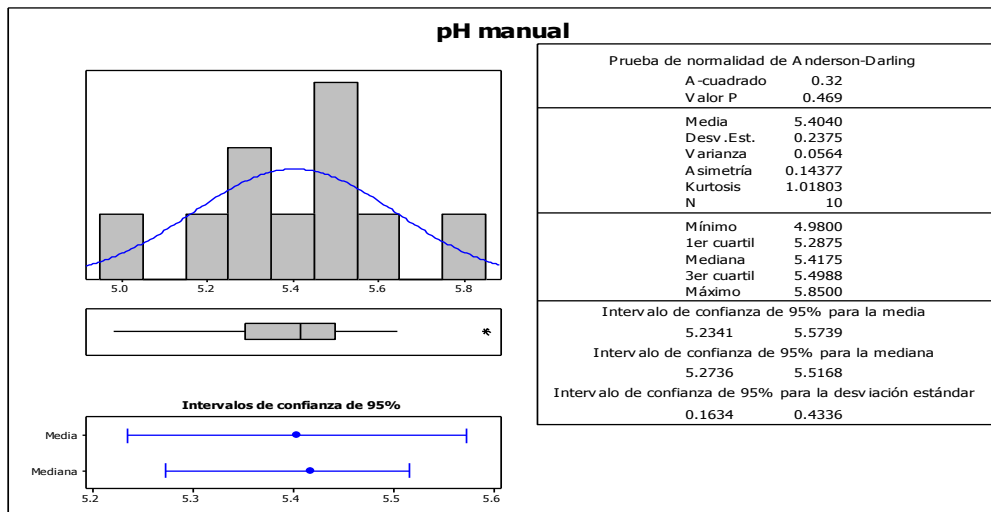
Fuente: Minitab 16

7.1.2.2. Análisis de Anova para la acidez sin aplicación de Magnacide D

Los valores de pH que se encuentran en el rango de 5.4 a 6.0, son favorables para la formación de Dextrana. Una acidez ligera (6.5) es una condición menos favorable para el crecimiento del *Leuconostoc* el cual produce Dextrana. Basado en este principio se determinaron los valores de pH de los tipos de caña para evaluar su influencia en la pérdida de sacarosa.

En la grafica 16 se muestra que el pH promedio de la caña manual es de 5.40 con una desviación estándar de 0.23 con un valor de confianza del 95%.

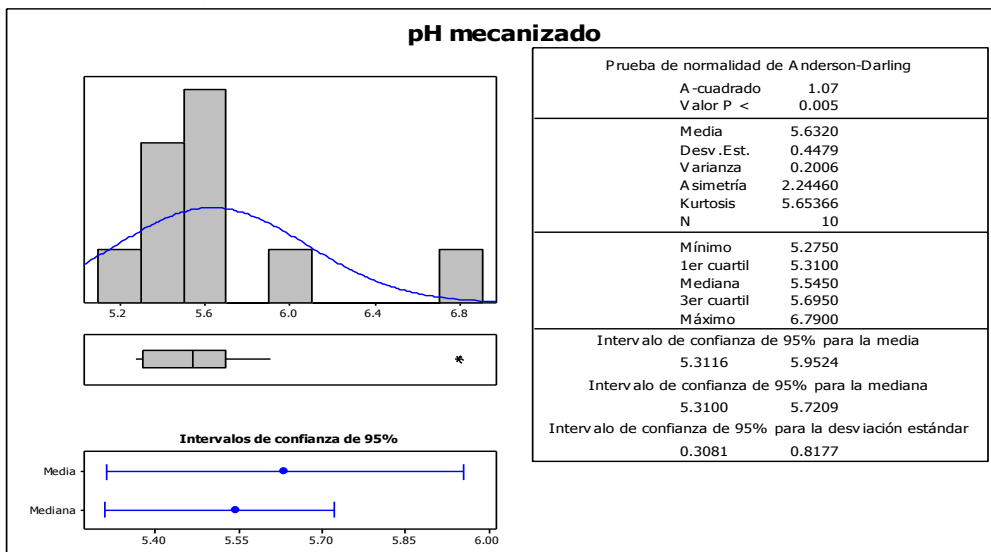
Figura 16. Histograma de pH para caña de corte manual sin bactericida.



Fuente: Minitab 16

En La grafica 17 el pH promedio de la caña mecanizada es de 5.6 con una desviación estándar de 0.44 con un valor de confianza del 95%.

Figura 17. Histograma de pH para caña de corte mecanizado sin bactericida.



Fuente: Minitab 16

En las graficas 16 y 17 se presentan las medias de los valores de pH para cada tipo de corte de caña (manual y mecanizado) observando que la desviación estándar agrupada varía en un valor de 0.23, valor significativo al comprobarlo con el análisis de varianza al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P. El tipo de jugo (primario y diluido) presenta una desviación estándar agrupada con una variación de 0.02 valor que no es significativo al comprobarlo con el análisis de Anova. Estos valores se presentan en las tablas 41 y 42 de desviación estándar agrupada y en la tabla 43 de análisis de Anova. En las graficas de iteración y en la grafica de caja de temperatura se puede confirmar, que influye el tipo de corte de caña al ser corte manual o mecanizado pero no el tipo de jugo. (Ver grafica 18 y 19)

Tabla 41. Tipo de corte para pH SB.

Tipo de corte	Media
Manual	5.404
Mecanizada	5.632

Fuente: Minitab 16

Tabla 42. Tipo de jugo para pH SB.

Tipo de jugo	Media
Diluido	5.52
Primario	5.50

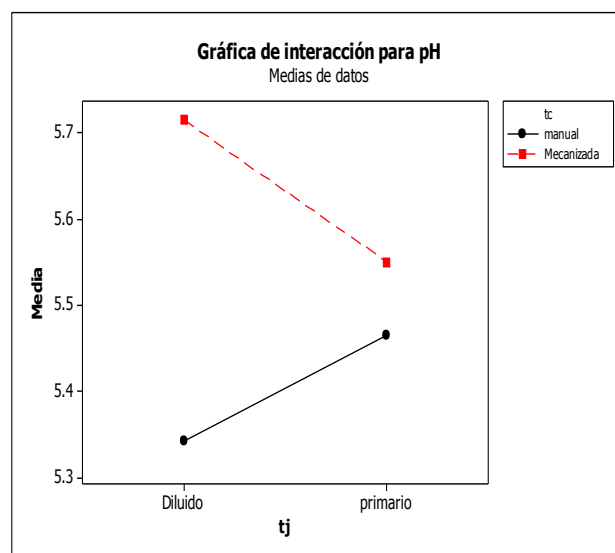
Fuente: Minitab 16

Tabla 43. Análisis de Anova para acidez (pH) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (tipo de corte)	1	0.51	0.51	3.03	0.90
Tj (tipo de jugo)	1	0.00	0.00	0.03	0.87
Error	37	6.33	0.17		
Total	39	6.86			
R ² _{ij} = 7.46 %					
R ² _{ij} =2.65%					
S = 0.4139					

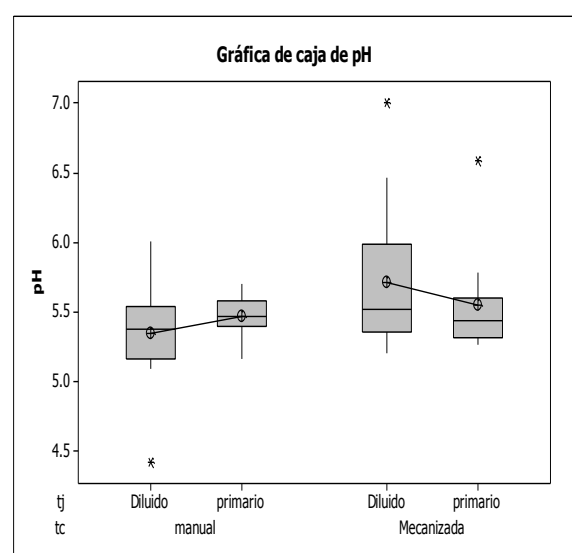
Fuente: Minitab 16

Figura 18. Iteración para pH SB.



Fuente: Minitab 16

Figura 19. Grafica de caja para pH SB.



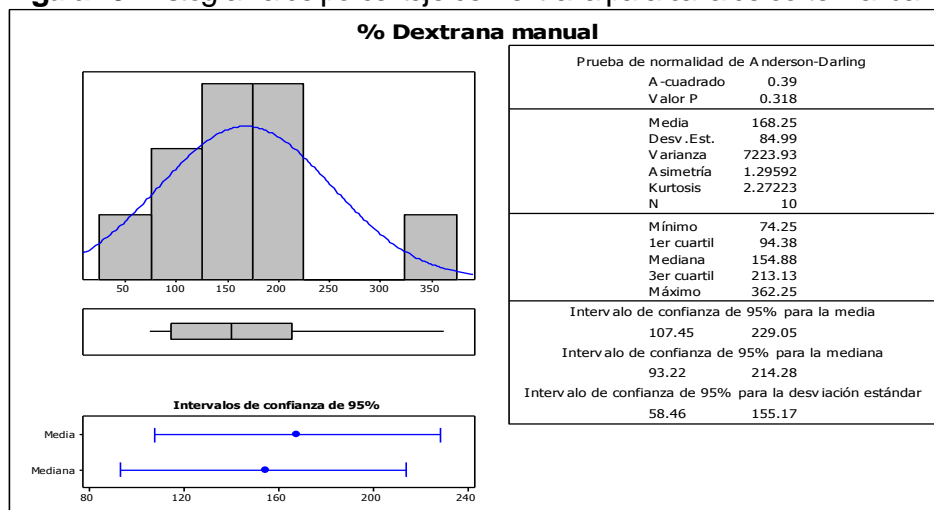
Fuente: Minitab 16

7.1.2.3. Análisis de Anova para Formación de Dextrana sin aplicación de bactericida Magnacide D

Las Dextranas son polímeros de unidades de glucosa que se hacen largos por el número de enlaces a 1,2 y a medida que las condiciones ambientales le son favorables el número de enlaces aumenta produciendo el incremento de la viscosidad de los jugos extraídos y por consiguiente jugos de mala calidad para la etapa posterior. Basados en este principio se determino la formación de Dextrana y la cantidad de sacarosa destruida.

En la grafica 20 se muestra que el porcentaje de Dextrana promedio de la caña de corte manual es de 168.25 ppm con una desviación estandar de 84.99 con un valor de confianza del 95%.

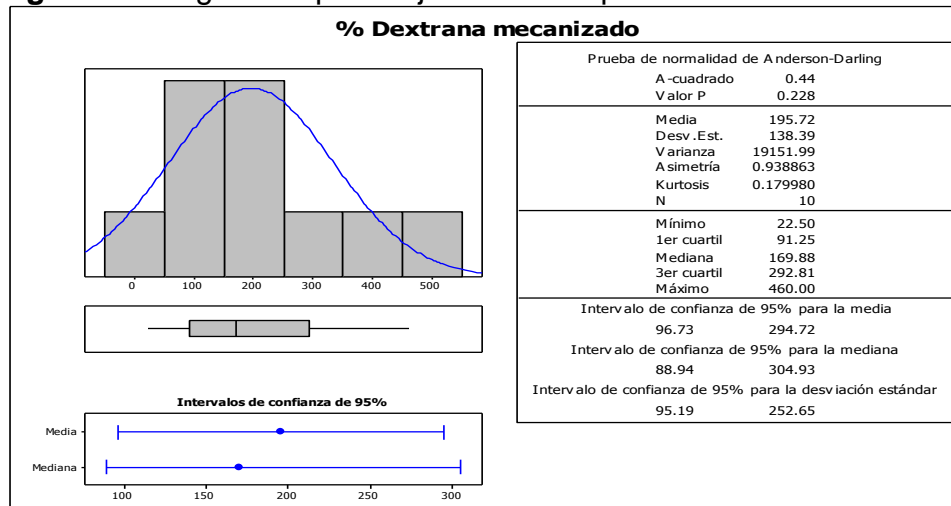
Figura 20. Histograma de porcentaje de Dextrana para caña de corte manual.



Fuente: Minitab 16

En la grafica 21 se muestra que el porcentaje de Dextrana promedio de la caña de corte mecanizado es de 195.72 ppm con una desviación estándar de 138.39 con un valor de confianza del 95%.

Figura 21. Histograma de porcentaje de Dextrana para caña de corte mecanizado.



Fuente: Minitab 16

En las graficas 20 y 21 se presentan las medias de los valores de porcentaje de Dextrana para cada tipo de corte de caña (manual y mecanizado) observando que la desviación estándar agrupada solo varía en un valor de 27.47, valor que no es significativo al comprobarlo con el análisis de varianza al ser el valor F-razón menor que el valor probabilidad P. En el tipo de jugo (primario y diluido) presenta un valor significativo al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P donde la desviación estándar agrupada presenta una diferencia de 139.87. Estos valores se presentan en las tablas 44 y 45 de desviación estándar agrupada con un intervalo de confianza del 95 % y en la tabla 46 de análisis de Anova.

Tabla 44. Tipo de corte para % Dextrana sin bactericida.

Tipo de corte	Media
Manual	168.250
Mecanizada	195.725

Fuente: Minitab 16

Tabla 45. Tipo de jugo para % Dextrana sin bactericida.

Tipo de jugo	Media
Diluido	112.050
Primario	251.925

Fuente: Minitab 16

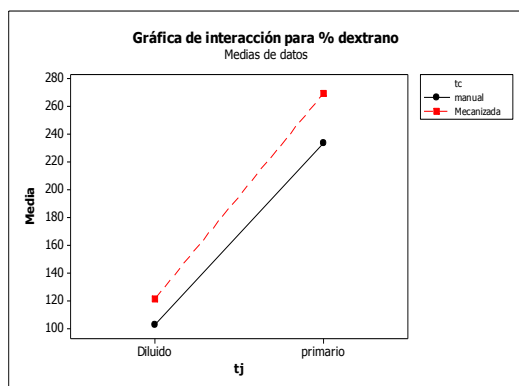
Tabla 46. Análisis de Anova para porcentaje de Dextrana (%dext) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj) sin bactericida.

Fuente	GL	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)	1	7549	7549	0.38	0.540
tj (Tipo de jugo)	1	195650	195650	9.91	0.003
Error	37	730730	19749		
Total	39	933929			
R ² _{ij} = 21.76%					
R ² _{ij} = 17.53					
S= 140.5					

Fuente: Minitab 16

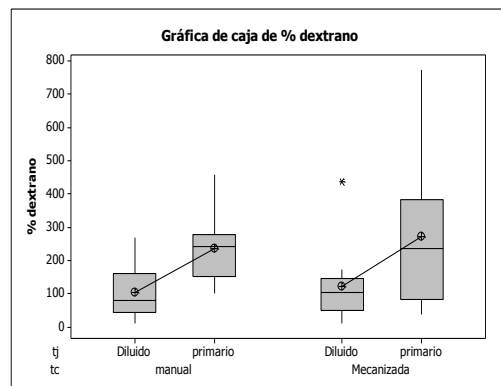
Con las graficas 22 y 23 se puede confirmar que no influye el tipo de corte de caña en la formación de Dextrana. En cambio el factor tipo de jugo si influye en la formación de Dextrana. En el jugo primario se produce la mayor cantidad de Dextrana. Este tipo de jugo se obtiene en el molino 1, donde se extrae el 95 % de la sacarosa

Grafica 22. Interacción de porcentaje de Dextrana.SB.



Fuente: Minitab 16

Grafica 23. Graficas de porcentaje de Dextrana SB.



Fuente: Minitab 16

Según el análisis de Anova para porcentaje de Dextrana (tabla 46, pág. 61) se observa que el tipo de jugo posee un valor significativo por lo que se realizaron cálculos individuales a los jugos primario y diluido procesando los datos de porcentaje de Dextrana (%Dext, tabla 24, pág. 50) para calcular pérdidas de sacarosa totales por formación de Dextrana expresada en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) en base a 142.01 toneladas que se muestrearon, obviando el tipo de corte ya que este factor no es significativo. En la tabla 47 se muestran los datos obtenidos para el jugo primario.

Tabla 47. Pérdidas de sacarosa en libras por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida para el jugo primario (lb/142.01 tcm-jp) por formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D.

No. de muestra	Tipo de jugo	gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jp	Brix -jp	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jp	Gramos de dextrano por kilogramo de jp	Gramos de sacarosa metabolizado en la formación de dextrano jp	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jp
1	(jp)	101.00	22.76	439.37	229.88	485.29	8.25	153.20	1263.90 lb
2	(jp)	272.50	18.91	528.82	515.30	1087.85	18.49	153.20	2833.20 lb
3	(jp)	235.00	18.88	529.66	443.68	936.66	15.92	162.00	2579.56
4	(jp)	285.00	18.87	529.94	537.80	1135.35	19.30	121.72	2349.30 lb
5	(jp)	160.00	18.12	551.88	289.92	612.05	10.40	143.30	1491.02 lb
6	(jp)	197.50	18.17	550.36	358.86	757.59	12.88	86.42	1113.00 lb
7	(jp)	247.50	19.91	502.26	492.77	1040.30	17.69	78.60	1390.05 lb
8	(jp)	122.50	18.49	540.83	226.50	478.17	8.13	123.70	1005.55 lb
9	(jp)	260.00	19.29	518.40	501.54	1058.81	18.00	162.10	2917.75 lb
10	(jp)	457.50	18.12	551.88	828.99	1750.09	29.75	123.70	3680.26 lb
11	(jp)	247.50	19.68	508.13	487.08	1028.28	17.48	70.40	1230.65 lb
12	(jp)	160.00	17.32	577.37	277.12	585.03	9.95	177.66	1766.92 lb
13	(jp)	272.50	19.68	508.13	536.28	1132.15	19.25	178.06	3427.03 lb
14	(jp)	347.50	17.43	573.72	605.69	1278.68	21.74	175.58	3816.69 lb
15	jp)	85.00	20.11	497.27	170.94	360.86	6.13	202.06	1239.57 lb
16	(jp)	772.50	20.11	497.27	1553.50	3279.61	55.75	96.95	5405.28 lb
17	(jp)	35.00	18.96	527.43	66.36	140.09	2.38	120.72	287.51 lb
18	(jp)	485.00	20.28	493.10	983.58	2076.45	35.30	149.62	5281.53 lb
19	(jp)	222.50	19.12	523.01	425.42	898.11	15.27	153.20	2339.03 lb
20	(jp)	72.50	19.04	525.21	138.04	291.42	4.95	208.02	1030.55 lb

Al introducir los datos de la columna titulada "Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jp" en el diseño de experimento que se realizó en Minitab16 se obtuvo que la media de pérdidas de sacarosa para el jugo primario es de 2322.4 libras por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida (lb/ 142. 01 tcm-jp) con una desviación estándar de 1425.3 libras por las 142.01 toneladas métricas cortas de caña molida (lb/142.01tcm-jp). Ver anexo D

En la tabla 48 se muestran los datos recolectados para el jugo diluido. Al introducir los datos de la columna titulada "Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jd" se obtuvo que la media de pérdidas de sacarosa para el jugo diluido fue de 206.86 libras por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida (lb/ 142.01 tcm-jd) con una desviación estándar de 201.25 libras por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida (lb/ 142.01 tcm-jd). (Ver anexo D).

Tabla 48. Pérdidas de sacarosa en libras por las 142.01 toneladas métricas corta de caña molida para el jugo diluido (lb/142 tcm-jd) por formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D.

No. de muestra	Tipo de jugo	gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jd	Brix-jd	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jd	Gramos de dextrano por kilogramo de jd	Gramos de sacaros metabolizada en la formación de dextrano jd	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jd
21	jd)	47.50	16.73	597.73	79.47	167.76	0.67	153.20	102.81 lb
22	(jd)	147.50	13.92	718.39	205.32	433.45	1.73	153.20	265.62 lb
23	(jd)	97.50	15.89	629.33	154.93	327.07	1.31	162.00	211.94 lb
24	(jd)	85.00	12.16	822.37	103.36	218.20	0.87	121.72	106.24lb
25	(jd)	10.00	14.86	672.95	14.86	31.37	0.13	143.30	17.98 lb
26	(jd)	75.00	14.76	677.51	110.70	233.70	0.93	86.42	80.79 lb
27	(jd)	197.50	15.96	626.57	315.21	665.44	2.66	78.60	209.22 lb
28	(jd)	72.50	14.78	676.59	107.16	226.22	0.90	123.70	111.93 lb
29	(jd)	27.00	14.71	679.81	39.72	83.85	0.34	162.10	54.37 lb
30	(jd)	267.00	15.94	627.35	425.60	898.48	3.59	123.70	444.57 lb
31	(jd)	97.50	15.97	626.17	155.71	328.72	1.31	70.40	92.57 lb
32	(jd)	110.00	14.69	680.74	161.59	341.13	1.36	177.66	242.42 lb
33	(jd)	62.00	16.38	610.50	101.56	214.40	0.86	178.06	152.70 lb
34	(jd)	172.50	13.83	723.07	238.57	503.64	2.01	175.58	353.72 lb
35	(jd)	110.00	15.87	630.12	174.57	368.54	1.47	202.06	297.87 lb
36	(jd)	10.00	15.60	641.03	15.60	32.93	0.13	96.95	12.77 lb
37	(jd)	10.00	15.48	645.99	15.48	32.68	0.13	120.72	15.78 lb
38	(jd)	435.00	16.37	610.87	712.10	1503.31	6.01	149.62	899.70 lb
39	(jd)	135.00	15.18	658.76	204.93	432.63	1.73	153.20	265.12 lb
40	(jd)	72.50	15.64	639.39	113.39	239.38	0.96	208.02	199.18 lb

Con estos datos y cálculos obtenidos se observa que las pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana es mayor en el jugo primario que en el jugo diluido.

7.2. Pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida Magnacide D

Los datos recolectados con aplicación Magnacide D se presentan en la tabla 49. Estos datos se procesaron en Minitab 16 para el diseño de experimento 3×2^2 .

Tabla 49. Variables repuestas: situación del proceso después de aplicación de bactericida Magnacide D.

Fecha	Tipo de caña	Concentración (ml)	t °C jp	pH jp	% AR jp	% Gbrix jp	% dext ppm, jp	t °C jd	pH jd	% AR jd	% Gbrix jd	% dext. ppm, jd	Cp (jp-jd)
26/03/2012	MQ	25-25	36.50	5.54	1.53	7.57	97.50	41.80	5.41	1.28	8.98	23.50	0.33
26/03/2012	MQ	25-25	31.00	5.84	0.80	5.13	97.50	38.00	5.70	0.80	5.21	16.00	0.98
24/04/2012	MQ	25-25	32.00	5.54	1.14	6.20	497.50	38.00	5.66	1.02	7.02	6.00	2.84
24/04/2012	MQ	25-25	30.00	6.59	1.53	12.91	172.50	36.10	7.00	1.27	13.19	10.00	2.50
17/04/2012	MV	25-25	33.80	5.50	0.50	4.00	135.00	38.30	5.54	0.48	4.50	30.00	0.87
18/04/2012	MV	25-25	33.00	5.33	1.53	9.73	1397.50	40.00	5.82	1.28	10.41	585.00	4.14
24/04/2012	MV	25-25	34.70	5.46	0.98	4.33	60.00	40.00	5.23	0.90	5.13	23.50	1.63
24/04/2012	MV	25-25	31.00	5.54	1.83	9.82	560.00	39.00	5.36	1.69	11.79	147.50	2.52

Fecha	Tipo de caña	Concentración (ml)	T °C – jp	pH – jp	% AR – jp	% Gbrix jp	% dext. ppm, jp	T °C – jd	pH – jd	% AR – jd	% Gbrix jd	% dext. ppm, jd	Cp (jp-jd)
25/04/2012	MQ	30-20	31.00	5.65	1.00	6.60	47.50	34.60	5.50	1.25	10.70	10.00	0.20
25/03/2012	MQ	30-20	27.90	5.32	1.02	5.15	60.00	38.00	5.34	0.86	5.78	26.50	1.86
25/04/2012	MQ	30-20	29.05	5.70	0.90	4.56	85.00	35.00	6.04	0.80	4.99	47.50	0.77
28/04/2012	MQ	30-20	31.50	5.44	0.49	2.48	347.50	35.50	5.33	0.40	2.85	37.50	2.01
01/05/2012	MV	30-20	31.50	5.30	1.12	7.13	310.00	39.50	5.53	1.10	7.78	51.00	0.86
24/04/2012	MV	30-20	31.00	6.00	0.90	6.88	177.00	36.00	6.00	0.81	7.63	135.00	3.80
26/03/2012	MV	30-20	27.70	5.53	0.68	3.11	394.50	38.10	5.55	0.68	4.26	126.00	0.52
26/04/2012	MV	30-20	28.10	5.51	0.69	4.66	485.00	35.60	5.57	0.60	4.88	35.00	0.24

Fecha	Tipo de caña	Concentración (ml)	T °C – jp	pH – jp	% AR – jp	% Gbrix jp	% dext. ppm, jp	T °C – jd	pH – jd	% AR – jd	% Gbrix jd	% dext. ppm, jd	Cp (jp-jd)
25/04/2012	MQ	50-0	31.20	5.59	0.69	3.37	97.50	38.40	5.69	0.59	4.29	72.50	1.91
25/03/2012	MQ	50-0	37.00	5.28	0.90	5.39	147.50	33.00	5.16	0.73	5.72	110.00	1.97
25/04/2012	MQ	50-0	31.60	5.57	1.27	6.63	60.00	44.70	5.08	1.03	7.31	60.00	0.43
28/04/2012	MQ	50-0	29.10	5.41	0.90	4.75	322.50	35.50	5.47	0.71	5.13	22.50	1.46
01/05/2012	MV	50-0	37.90	5.35	1.14	7.19	847.50	34.00	5.20	1.03	7.33	222.50	0.46
24/04/2012	MV	50-0	37.80	5.79	0.90	6.17	160.00	36.20	5.46	0.80	6.45	85.00	0.60
26/03/2012	MV	50-0	29.60	5.26	2.15	14.85	60.00	35.50	5.36	1.80	15.13	52.50	0.30
26/04/2012	MV	50-0	29.50	5.35	0.79	4.69	72.50	37.10	6.46	0.60	4.82	47.50	0.93

Continuación de la Tabla 49. Variables repuestas: situación del proceso después de aplicación de bactericida Magnacide D

Procedencia	Variedad de caña	Tonela das de caña a moler	Trash	% de caña podrida	Brix	Pol	Pza.	% Fibra	Rendto. de sacarosa (kg/t)	Tiempo de permanencia
La laguna	cp72-2086	126.00	3.10	2.00	17.55	15.30	87.20	13.20	125.00	< de 24 horas
sta Carlota	cp73-1547	106.03	18.10	1.90	17.70	15.37	86.84	12.90	128.85	< de 24 horas
La laguna	cp72-2086	64.65	3.10	1.60	19.07	17.10	87.34	13.90	142.70	< de 24 horas
Sn Isidro	cp72-2086	126.30	12.34	0.15	13.80	11.49	83.29	12.96	96.39	< de 24 horas
Los valientes	Cp72-2086	136.68	3.10	0.89	19.35	17.22	89.01	12.60	144.41	< de 24 horas
Las delicias	cp72-2086	268.20	17.20	2.60	16.55	13.91	84.09	13.10	116.53	< de 24 horas
El relampago	cp89-2143	120.00	2.00	1.12	18.72	16.32	87.66	12.50	136.84	< de 24 horas
La estrella	cp88-1165	76.21	11.75	3.53	18.95	16.75	88.44	12.90	140.29	< de 24 horas

Procedencia	Variedad de caña	Tonela das de caña a moler	Trash	% de caña podrida	Brix	Pol	Pza.	% Fibra	Rendto. de sacarosa (kg/t)	Tiempo de permanencia
La laguna	cp88-1162	163.20	2.90	0.90	18.90	16.68	88.29	13.10	139.83	< de 24 horas
La laguna	cp88-1162	132.20	3.00	1.20	19.10	17.21	90.03	13.60	141.42	< de 24 horas
Sn Martin	cp72-2086	224.46	3.97	1.44	21.81	19.48	89.32	13.12	163.20	< 24 horas
Sn Antonio	cp88-1165	138.95	3.05	1.04	16.85	14.46	86.26	12.91	119.37	< 24 horas
Hato Grande	cp72-2086	225.00	10.81	2.03	15.82	13.37	84.90	12.19	144.00	< de 24 horas
Sn Isidro	cp72-2086	167.13	12.34	0.15	13.80	11.49	83.29	12.96	96.39	< de 34 horas
Toro Blanco	Cp89-2143	181.20	13.08	1.84	18.20	16.01	88.00	12.5	134.00	< de 24 horas
El trambal	Cp72-2086	68.42	12.74	1.50	16.51	13.79	85.41	13.00	115.60	< de 24 horas

Procedencia	Variedad de caña	Tonela das de caña a moler	Trash	% de caña podrida	Brix	Pol	Pza.	% Fibra	Rendto. de sacarosa (kg/t)	Tiempo de permanencia
Azuchillo	CP88-1165	126.91	4.62	1.03	16.78	14.50	86.44	12.81	124.27	< de 24 horas
Sn Antonio	cp88-1165	165.58	2.75	1.14	18.74	16.56	88.34	13.00	139.37	< de 24 horas
La Laguna	cp72-2086	54.71	6.75	2.73	18.83	16.64	88.38	13.21	139.19	< de 24 horas
Sta Cecelia	cp72-2086	188.33	2.84	1.01	15.01	12.98	86.53	13.20	109.63	de 24 horas
El trambal	cp72-2086	147.63	14.20	1.94	16.20	13.65	84.30	12.60	114.50	< de 24 horas
Sta. Carlota	cp88-1165	243.60	12.71	1.33	14.66	12.51	85.36	12.90	104.84	< de 24 horas
Sta. Carlota	cp88-1165	178.62	11.16	0.96	19.56	17.09	87.39	13.30	143.39	< de 24 horas
Las pampas	cp88-1165	168.00	13.50	2.18	17.96	15.93	88.71	13.01	141.75	< de 24 horas

7.2.1. Pérdidas de sacarosa por inversión ácida con aplicación de bactericida

7.2.1.1. Análisis de para Anova para porcentaje de azúcares reductores con aplicación de bactericida Magnacide D

Con los datos de porcentaje de azúcares reductores de jugo primario y jugo diluido (% AR jp y % AR jd, tabla 49, pág. 64,65) se realizó el análisis de Anova

que se presenta en la tabla 50. Se observa un valor significativo para el factor tipo de corte de caña al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P. Se presenta mayor formación de azúcares reductores en la caña mecanizada que en la caña manual. Según el análisis de Anova que se presenta en la tabla 50 existe un valor significativo para el factor tipo de jugo al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P. En el jugo primario existe mayor formación de azúcares reductores que en el jugo diluido. (Ver anexo E 1. 1)

Al realizar la combinación tipo de corte de caña – tipo de jugo (AB, tabla 50) se observa siempre mayor formación en el jugo primario, de manera que el factor tipo de caña no influye en el factor tipo de jugo, siempre se forma mayor cantidad de azúcares reductores en este tipo de jugo, sin importar si el corte es manual o mecanizado. Este comportamiento es igual en relación con la cuantificación de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores sin aplicación de Magnacide D es decir mayor formación en el jugo primario, aunque con aplicación de Magnacide hubo mayor formación en el corte mecanizado y no en el corte manual como ocurrió sin aplicación.

El análisis de Anova también muestra que existe un valor significativo para la dosificación al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P). Este valor se hace significativo porque se comparan las medias estándar agrupadas de cada una de las dosificaciones de aplicación de Magnacide D, observando mayor efectividad con la dosificación 30-20 ml/min, es decir 30 ml de Magnacide D en la entrada del molino 1 y 20 ml de Magnacide D al tanque de jugo crudo. (Ver tabla 51, pág. 67))

Se presenta una reducción de azúcares reductores con esta dosificación, sin embargo al realizar la combinaciones (AB), (AC), (BC) y (ABC) la reducción de azúcares reductores es mínima por lo que se puede decir que estadísticamente es significativo pero no es un valor de gran contribución a la disminución de pérdidas de sacarosa.

Tabla 50. Análisis Anova para porcentaje de azúcares reductores (% AR) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte) =(A)	1	0.08	0.08	0.08	0.59	0.44
tj (Tipo de jugo) =(B)	1	0.17	0.17	0.17	1.13	0.29
Dosificación =(C)	2	0.86	0.86	0.43	2.85	0.07
Tipo de caña *tipo de jugo =(AB)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
Tipo de caña*Dosificación =(AC)	2	0.27	0.27	0.13	0.89	0.41
Tipo de jugo*Dosificación=(BC)	2	0.04	0.04	0.02	0.14	0.86
Tipo de caña*tipo de jugo *Dosificación =(ABC)	2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.993
Error	36	5.45	5.45	0.15		
Total	47	6.9				
R ² _{ij} = 20.90%						
R ² _{ij} = 0.00%						
S= 0.38						

Fuente: Minitab 16

Tabla 51. Media de desviación estándar agrupada del análisis Anova de Porcentaje de azúcares reductores (%AR) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de corte de caña		Tipo de jugo	
	Manual	Mecanizada	Primario	Diluido
25-25 ml/min	1.75 lb/123.23 tcm	1.80 lb/134.51 tcm	1.23 lb/134.51 tcm	1.09 lb/134.51 tcm
30-20 ml/min	0.81 lb/140.95 tcm	0.97 lb/131.72 tcm	0.76 lb/122.49 tcm	0.65 lb/122.49 tcm
50-0 ml/min	1.05 lb/128.11 tcm	1.86 lb/127.11 tcm	1.77 lb/126.12 tcm	1.30 lb/126.12 tcm

Fuente: Minitab

Los datos de porcentaje de azúcares reductores (%AR jp y %AR jd, tabla 49, pág. 64,65) se utilizaron para calcular las pérdidas de sacarosa totales por formación de porcentaje de azúcares reductores en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) correspondiente a cada muestra recolectada para cuantificar si hubo disminución de pérdidas de sacarosa al aplicar bactericida Magnacide D. (Ver anexo E 1.3 hasta E 1.14)

Se presenta mayor formación de azúcares reductores en el jugo primario tanto para el corte manual como para el corte mecanizado al comparar las medias entre sí. Se presenta disminución de azúcares reductores con la dosificación 30-20 ml/min, es decir 30 ml de Magnacide D en la entrada del molino 1 y 20 ml de Magnacide D al tanque de jugo crudo. (Ver tabla 52 y 53). Sin embargo al comparar las medias de desviación estándar sin y con aplicación de bactericida no se obtuvieron diferencias significativas.

Tabla 52. Cálculo de las medias de desviación estándar agrupada de pérdidas de sacarosa para el factor tipo de jugo por formación de azúcares reductores con bactericida

Dosificación	Tipo de jugo caña manual		Tipo de jugo caña mecanizada	
	Jugo primario	Jugo Diluido	Primario	Diluido
25-25 ml/min	3.40 lb/123.23 tcm	2.89 lb/123.23 tcm	5.59 lb/134.51 tcm	3.57 lb/134.51 tcm
30-20 ml/min	0.88 lb/140.95 tcm	0.34 lb/140.95 tcm	0.99 lb/131.72 tcm	0.12 lb/131.72 tcm
50-0 ml/min	0.91 lb/128.11 tcm	1.29 lb/128.11 tcm	0.50 lb/127.11 tcm	0.49 lb/127.11 tcm

Fuente: Minitab

Tabla 53. Cálculo de las medias estándar agrupada de pérdidas de sacarosa para el factor tipo de corte de caña por formación de azúcares reductores con bactericida

Dosificación	Caña manual	Caña Mecanizada
25-25 ml/min	3.57lb/123.23 tcm	4.30lb/134.51 tcm
30-20 ml/min	0.50lb/140.95 tcm	0.49lb/131.72 tcm
50-0 ml/min	0.59 lb/128.11 tcm	0.55lb/127.11 tcm

Fuente: Minitab

7.2.1.2. Análisis de Anova para porcentaje de glucobrix con aplicación de bactericida Magnacide D

Con los datos de porcentaje de glucobrix de jugo primario y diluido (% Gbrix jp y % Gbrix jd, tabla 49, pág. 64,65) se realizó el análisis de Anova que se presenta en la tabla 54.

Se observa un valor significativo para el factor tipo de corte de caña al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P. Se presenta mayor formación de glucobrix en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual, todo lo contrario al comportamiento sin aplicación de Magnacide D. (Ver anexo E 1.15). También existe un valor significativo para el factor tipo de jugo al ser el valor F-razón mayor que el valor probabilidad P. En el jugo diluido se da mayor formación de glucobrix que en el jugo primario. Este comportamiento es igual en relación con la cuantificación de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores sin aplicación de Magnacide D. (Ver anexo E 1.16)

El análisis de Anova también muestra que existe un valor significativo para la concentración al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P). Este valor se hace significativo porque se comparan las medias estándar agrupada de cada una de las dosificaciones de Magnacide D, observando mayor efectividad con la dosificación 30-20 ml/min, es decir 30 ml de Magnacide D en la entrada del molino 1 y 20 ml de Magnacide D al tanque de jugo crudo. (Ver tabla 55).

Se presenta una reducción de glucobrix para la combinación AC con la dosificación 30-20 ml/min y para el tipo de corte de caña manual, esto se hace significativo porque se comparan las medias estándar agrupadas que se muestran en la tabla 55. Sin embargo al realizar las combinaciones (AB), (BC) y (ABC) la reducción de glucobrix es mínima por lo que estadísticamente no es significativo.

Tabla 54. Análisis Anova de porcentaje de glucobrix (% Gbrix) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)=A	1	8.97	8.97	8.97	0.95	0.33
tj (Tipo de jugo)=B	1	6.73	6.73	6.73	0.71	0.40
Dosificación=C	2	41.69	41.69	20.84	2.20	0.12
Tipo de caña *tipo de jugo=AB	1	0.17	0.175	0.17	0.02	0.89
Tipo de caña*Dosificación =(AC)	2	30.45	30.453	15.22	1.61	0.21
Tipo de jugo*Dosificación=(BC)	2	0.85	0.85	0.43	0.05	0.95
Tipo de caña*tipo de jugo *Dosificación =(ABC)	2	0.55	0.55	0.27	0.03	0.97
Error	36	340.98	340.98	9.47		
Total	47	430.43				
R ² _{ij} =20.78 R ² _{ij} =0.00 S= 3.07						

Fuente: Minitab 16

Tabla 55. Media de desviación estándar agrupada para porcentaje de glucobrix (% Gbrix) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Concentración	Tipo de corte de caña		Tipo de jugo	
	Manual	Mecanizada	Primario	Diluido
25-25 ml/min	9.043	7.96	11.44	12.52
30-20 ml/min	7.42	9.15	11.43	12.60
50-0 ml/min	7.84	8.5	7.43	9.15

Fuente: Minitab 16

7.2.1.3. Análisis de Anova para caída de pureza con aplicación de bactericida Magnacide D.

Con los datos de porcentaje de caída de pureza (cp, tabla 49, pág.64, 65) se realizó el análisis de Anova que se presenta en la tabla 56 el cual muestra que el factor tipo de corte no influye en el desdoblamiento del disacárido sacarosa al ser el valor (F-razón) mayor que el valor probabilidad (P). También se comprueba con los anexos E1.17 y E1.18

El factor Dosificación presenta un valor significativo al ser el valor frecuencia de 3.20 mayor que el valor probabilidad de 0.05. Al calcular la media estándar agrupada se comprueba porque es significativo este factor ya que se compara entre si las medias de cada tipo de corte de caña con la aplicación de Magnacide D encontrando diferencia significativas entre ellas, pero al comparar los factores (AB, AC, BC, ABC, tabla 56) se descarta que el factor dosificación no influye en los demás factores porque las diferencias para disminuir la caída de pureza son mínimas. Esto se comprueba con las medias estándar agrupada que se presenta en la tabla 57, anexo E.1.17 y E.1.18 .Siendo más efectivo para la dosificación 30-20 ml/min de Magnacide D, donde se observa una disminución más pronunciada pero siendo un valor de poca contribución.

Tabla 56. Análisis Anova de porcentaje de caída de pureza (cp) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte) =(A)	1	0.01	0.01	0.13	0.01	0.92
tj (Tipo de jugo)=(B)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
Dosificación =(c)	2	7.97	7.97	3.98	3.20	0.05
Tipo de caña *tipo de jugo= (AB)	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Tipo de caña*Dosificación= (AC)	2	4.67	4.67	2.33	2.33	0.16
Tipo de jugo*Dosificación= (BC)	2	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Tipo de caña*tipo de jugo *Dosificación = (ABC)	2	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Error	36	44.87	44	1.24		
Total	47	57.54				
R ² _i =22.01						
R ² _j =0.00						
S=1.11						

Fuente: Minitab 16

Tabla 57. Media de desviación estándar agrupada para porcentaje de caída de pureza (cp) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de corte de caña	
	Manual	Mecanizada
25-25 ml/min	1.66	2.29
30-20 ml/min	1.38	1.35
50-0 ml/min	1.44	0.57

Fuente: Minitab 16

7.2.2. Pérdidas de sacarosa por carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D

7.2.2.1. Análisis de Anova para temperatura con aplicación de Magnacide D

Según el análisis de Anova que se realizó con los datos de temperatura (t° C, tabla 49, pág. 64, 65) se observa que el tipo de corte de caña no presenta un valor significativo porque el valor F-razón de 0.20 es menor que el valor probabilidad P de 0.66. (Ver tabla 59)

Los factores tipo de jugo y dosificación son significativos al ser los valores F-razón mayor que los valores probabilidad. Para el factor tipo de jugo esto se hace significativo porque el jugo diluido presenta rangos de temperaturas superiores al jugo primario. (Ver tabla 59, anexo E2.1 y E2.2.)

El factor dosificación es significativo al ser el valor F-razón de 3.96 mayor que el valor probabilidad P de 0.028. Al calcular las medias estándar agrupada se confirma porque es significativo el factor dosificación, se comparan las medias estándar entre sí y se observa una diferencia pronunciada y eficiente con la dosificación 30-20 ml/min de bactericida Magnacide D.

Al combinar los factores (AB) y (AC) no se observa valor significativo pero al combinar los factores (BC) y (ABC) se observan valores significativos, esto confirma que el factor dosificación y tipo de jugo tienen una gran influencia en la pérdidas de sacarosa. Según los efectos principales e iteraciones la dosificación 30-20 ml/min de bactericida presenta temperaturas más adecuadas para disminuir las pérdidas de sacarosa por carga microbiana. (Ver tabla 59. Anexo E2.1 y E2.2.)

Tabla 58. Análisis Anova para temperatura (t° C) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)=(A)	1	1.48	1.48	1.48	0.20	0.66
tj (Tipo de jugo)=(B)	1	376.60	376.60	376.60	49.72	0.00
Dosificación=(C)	2	59.93	59.93	29.96	3.96	0.028
Tipo de caña *tipo de jugo=(AB)	1	1.03	1.03	1.03	0.14	0.71
Tipo de caña *Dosificación=(AC)	2	3.12	3.12	1.56	0.21	0.81
Tipo de jugo *Dosificación=(BC)	2	19.57	19.57	9.88	1.29	0.28
Tipo de caña *tipo de jugo *Dosificación=(ABC)	2	15.76	15.76	7.88	1.04	0.36
Error	36.27	272.65	272.65	7.54		
Total	47.75	750.18				
R ² i= 63% R ² j= 52.55% S= 2.72						

Fuente: Minitab 16

Tabla 59. Media de desviación estándar agrupada para temperatura (t° C) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de corte de caña		Tipo de jugo	
	Manual	Mecanizada	Primario	Diluido
25-25 ml/min	35.42	36.22	32.75	38.90
30-20 ml/min	32.81	33.44	29.72	36.54
50-0 ml/min	35.06	34.7	32.96	36.80

Fuente: Minitab 16

7.2.2.2. Análisis de Anova para acidez con aplicación de Magnacide D

Con los datos (pH, tabla 48, pág.62) se realizó el análisis de Anova que se presenta en la tabla 60 el cual muestra que el factor tipo de corte influyen en el desdoblamiento del disacárido sacarosa al ser el valor F-razón de 0.54 mayor que el valor probabilidad P de 0.46. Se observa rango de pH superior en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual. (Ver tabla 61, anexo E. 2.3 y Anexo E.2.4).

El factor Dosificación presenta un valor significativo al ser el valor F-razón de 1.50 mayor que el valor probabilidad (P) de 0.23. Al calcular la media estándar agrupada se comprueba porque es significativo este factor ya que se comparan entre si las medias de cada tipo de corte de caña con la aplicación de Magnacide D, encontrando diferencia significativas entre ellas. Se observa una acidez apropiada con la dosificación 30-20 ml/min con un pH=5.57, un valor intermedio en relación con las otras combinaciones. Es por tanto que la combinación A y B no es significativa. (Ver anexo E.2.3 y anexo E.2.4)

El factor (B) no es significativo porque su valor F es menor que su valor P, es por eso que la combinación de los factores (AB), (BC) y (ABC) no son significativos.

Tabla 60. Análisis Anova para acidez (pH) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte)=(A)	1	0.07	0.07	0.07	0.54	0.46
tj (Tipo de jugo) =(B)	1	0.02	0.02	0.02	0.18	0.67
Concentración=(C)	2	0.40	0.40	0.20	1.50	0.23
Tipo de caña *tipo de jugo=(AB)	1	0.03	0.03	0.03	0.24	0.62
Tipo de caña*dosificación =(Ac)	2	0.78	0.78	0.00	2.94	0.06
Tipo de jugo*dosificación =(BC)	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99
Tipo de caña*tipo de jugo *dosificación =(ABC)	2	0.05	0.058	0.02	0.22	0.80
Errora	36	4.79	4.79	0.13		
Total	47	6.16				
R ² _{tj} = 22%						
R ² _{ij} =0.0%						
S= 0.36						

Fuente: Minitab 16

Tabla 61. Media de desviación estándar agrupada para acidez (pH) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de corte de caña		Tipo de jugo	
	Manual	Mecanizada	Primario	Diluido
25-25 ml/min	5.91	5.47	5.67	5.72
30-20 ml/min	5.62	5.54	5.56	5.61
50-0 ml/min	5.53	5.41	5.45	5.49

Fuente: Minitab 16

7.2.2.3. Análisis de Anova para formación de porcentaje de Dextrana con aplicación de Magnacide D

Con los datos porcentaje de Dextrana (% Dext, tabla 49, pág. 64,65) se realizó el análisis de Anova observando que el tipo de corte de caña presenta un valor significativo porque el valor F-razón de 5.04 es mayor que el valor probabilidad P de 0.03. La caña de corte mecanizado presenta mayores valores de formación de Dextrana que la caña de corte manual, es por esto que se hace significativo el factor corte de caña. Esto se confirma al comparar las medias estándar agrupada entre sí, encontrando diferencias bien marcas entre el corte manual y mecanizado. (Ver tabla 62 y 63)

Tabla 62. Análisis de Anova para formación de porcentaje de Dextrana (%Dext.) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Fuente	GL	SC	SC	CM	F-razón	P
Tc (Tipo de corte) =(A)	1	289076	289076	289076	5.04	0.03
tj (Tipo de jugo)=(B)	1	461973	461973	461973	8.06	0.00
Dosificación=(C)	2	87918	87918	43959	0.77	0.47
Tipo de caña *tipo de jugo= (AB)	1	48641	48641	48641	0.85	0.36
Tipo de caña*Dosificación =(AC)	2	61428	61428	30714	0.54	0.59
Tipo de jugo*Dosificación = (BC)	2	38143	38143	19071	0.33	0.71
Tipo de caña*tipo de jugo Dosificación=(ABC)	2	1881	1881	940	0.02	0.98
Error	36	2063863	2063863	57330		
Total	47	3052921				
R ² _{tj} = 32.40%						
R ² _{tj} =11.74%						
S=239.43						

Fuente: Minitab 16

Tabla 63. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana (% Dext.) vs. tipo de corte (tc), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de corte de caña	
	Manual	Mecanizada
25-25 ml/min	121.93 ppm	367ppm
30-20 ml/min	97.68 ppm	213 ppm
50-0 ml/min	144.69 ppm	223 ppm

Fuente: Minitab 16

Cuando no se aplicaba Magnacide D el factor tipo de corte de caña no era significativo porque no presentaba diferencias grandes de formación de Dextrana entre la caña de corte manual con un valor de 167.25 ppm y la caña de corte mecanizado cuyo valor fue de 195.75 ppm. En cambio al comparar las medias de desviación estándar agrupada con aplicación de bactericida, se observan grandes diferencias de formación de Dextrana entre corte manual y mecanizado como se muestra en la tabla 63.

En la tabla 64 se comparan las medias estándar agrupada de los valores de formación de Dextrana de las muestras que se recolectaron antes y después de aplicación de Magnacide D para observar con más detalles estas diferencias. También se observa una disminución de Dextrana con la aplicación 30-20 ml/min tanto para la caña de corte manual como mecanizado. (Ver anexo E.2.5 y E.2.6)

Tabla 64. Medias de desviación estándar agrupada para formación de Dextrana (%Dext.) ante y después de aplicar Magnacide D según el tipo de corte de caña.

Tipo de corte de caña					
Manual			Mecanizada		
Manual sin aplicación	Manual con aplicación	Dosificación	Mecanizada sin aplicación	Mecanizada con aplicación	Dosificación
167.25 ppm	121.93 ppm	25-25 ml/min	195.75ppm	367 ppm	25-25 ml/min
	97.68 ppm	30-20ml/min		213 ppm	30-20 ml/min
	144.69 ppm	50-0 ml/min		223 ppm	50-0 ml/min

Fuente: Minitab 16

Los factores tipo de jugo y dosificación son significativos al ser los valores F-razón mayores que los valores probabilidad.

Para el factor tipo de jugo esto se hace significativo al comparar las medias de desviación estándar agrupada que se muestra en la tabla 65. Se observa que el jugo primario presenta valores superiores que el jugo diluido.

El factor dosificación es significativo. La dosificación 30-20 ml/min es la dosificación que presenta menos formación de Dextrana.

Debido a que los factores: tipo de jugo y dosificación son significativos, la combinación entre ellos también es significativa. El resto de las combinaciones no son significativas. (Ver tabla 62, 65, anexo E.2.5 y E.2.6.).

Tabla 65. Media de desviación estándar agrupada para la formación de Dextrana (% Dext.) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), dosificación Magnacide D.

Dosificación	Tipo de jugo			
	Jugos del corte de caña manual		Jugos del corte de caña mecanizada	
	Jugo Primario	Jugo Diluido	Jugo Primario	Jugo Diluido
25-25 ml/min	230 ppm	13.87 ppm	538.13 ppm	196.50 ppm
30-20 ml/min	165 ppm	30.37 ppm	341ppm	86.75 ppm
50-0 ml/min	223.13	66.25 ppm	285ppm	101.88 ppm

Fuente: Minitab 16

Según el análisis de Anova para porcentaje de Dextrana (Tabla 62, pág. 63) se observa que el tipo de jugo y el tipo de corte de caña posee un valor significativo por lo que se realizaron cálculos individuales para calcular las pérdidas de sacarosa totales por formación de Dextrana en toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm). Se tomo en cuenta los tres factores A, B y C. Las pérdidas de sacarosa se muestran en los anexo E.2.7, E.2.8, E.2.9 y E.2.10. Con estos datos se calcularon las medias estándar agrupadas para cada tipo de jugo según sus respectivos tipos de corte y dosificación de bactericida. Con la aplicación de Magnacide D se observa una disminución de formación de Dextrana

Los valores de la medias estándar agrupadas de la tabla 66 se compararon con los de la tabla 67. Se observa que la dosificación 30-20 ml/min de Magnacide D es la que produce menores pérdidas de sacarosa tanto para el corte de caña manual como mecanizado.

Los valores menores de formación de Dextrana se producen en la caña de corte manual en comparación con el corte mecanizado. Esta comparación se muestra en la tabla 68, comparación que se pudo realizar al calcular las pérdidas totales $(jp + jd)/2$ de cada tipo de corte de caña con y sin aplicación de bactericida.

Tabla 66. Media de desviación estándar agrupada para pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana (% Dext) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), con aplicación de Magnacide D

Dosificación	Tipo de corte de caña con Magnacide D			
	Manual		Mecanizada	
	Jugo Primario	Jugo Diluido	Jugo Primario	Jugo Diluido
25-25 ml/min	1438.5 lb/ 123.23 tcm	66.58 lb/123.23 tcm	6438 lb/134.51tcm	464.59 lb/134.51 tcm
30-20 ml/min	1130 lb/ 140.95tcm	18.17 lb/ 140.95tcm	2612 lb/ 131.72 tcm	168.03 lb/131.72 tcm
50-0 ml/min	1681.6 lb/128.11 tcm	97.97 lb/128.11 tcm	3171 lb/127.11 tcm	196.18 lb/127.11 tcm

Fuente: Minitab 16

Tabla 67. Media de desviación estándar agrupada para pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana (% Dext.) vs. Tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), sin aplicación de Magnacide D

Dosificación	Tipo de corte de caña sin Magnacide D			
	Manual		Mecanizada	
	Jugo Primario	Jugo Diluido	Jugo Primario	Jugo Diluido
Ninguna	2062 lb/130.79 tcm	160.55 lb/ 130.79 tcm	2582.5lb/153.22 tcm	253.18 lb/153.22 tcm

Fuente: Minitab 16

Tabla 68. Comparación de las media de desviación estándar agrupada para pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana (% Dext) vs. tipo de corte (tc), tipo de jugo (tj), con y sin aplicación de Magnacide D

Tipo de corte de caña					
Manual			Mecanizada		
Manual sin aplicación	Manual con aplicación	Dosificación	Mecanizada sin aplicacion	Mecanizada con aplicacion	Dosificación
1111.27 lb /130.79tcm	752.54 lb/123.23 tcm	25-25 ml/ min	1417.84 lb/ 153 tcm	3451.29 lb/134.51tcm	25-25 ml/min
	574.08 lb/140.95tcm	30-20 ml/min		1390.01 lb/131.72 tcm	30-20 ml/min
	1779.57 lb/ 128.11tcm	50-0 ml/min		1683.59 lb/127.11 tcm	50-0 ml/min

Fuente: Minitab 16

Los valores promedios calculados de pérdidas de sacarosa en libras por toneladas métricas corta de caña molida que se calcularon en relación a las toneladas de caña se procesaron correspondiente al total de muestras recolectadas según el tipo de corte de caña y tipo de jugo, valores promedios que se extrapolaron para conocer las pérdidas de sacarosa referidas a las 14,000.00 toneladas de caña que son procesadas por día en el ingenio Monte Rosa y conocer las pérdidas de sacarosa de toda la zafra.

7.3. Pérdidas financieras

Para expresar las pérdidas de sacarosa por inversión acida y carga microbiana referidas a pérdidas financiera se tomo en cuenta el comportamiento de comercialización del azúcar. Siendo el costo de producción por tonelada de \$ 220 dólares. Para el cálculo se consideraron que por día se procesaban 14,000 toneladas de caña con una duración de zafra de 175 días, entre los meses noviembre del 2011-mayo del 2012 y calcular las pérdidas de sacarosa totales de

toda la zafra por carga microbiana debido a la formación de Dextrana y por inversión acida debido a la formación de Azucares reductores.

Se realizaron cálculos para conocer las pérdidas de sacarosa referidas a pérdidas económicas sin aplicación de bactericida que se muestran en la tabla 69 y 70 que se compararon con las pérdidas económicas con aplicación de bactericida Magnacide D que se muestran en la tabla 71 y 72.

Las pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida Magnacide D referidas a pérdidas financieras se realizaron con la dosificación 30-20 ml/min basándose en que fue la dosificación con la que se logro disminuir mayor cantidad de pérdidas de sacarosa esto resultados se muestran en la tabla 71 y 72.

Tabla 69. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por inversión acida debido a la formación de azucares reductores sin bactericida Magnacide D.

Sacarosa no recuperada debido a Inversión acida sin aplicación de bactericida				
Tipo de corte de caña	Toneladas procesada	Pérdidas de sacarosa por azucares reductores	Precio Unitario por lb	Precio total de pérdidas de sacarosa
Manual	980,000.00 tn	3,194,800 lb	\$0.11	\$351,428.00
Mecanizado	1,231,900.00 tn	124,509 lb	\$0.11	\$ 124,509.99

Tabla 70. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por carga microbiana debido a la formación de Dextrana sin bactericida Magnacide D.

Sacarosa no recuperada debido a Inversión acida sin aplicación de bactericida				
Tipo de corte de caña	Toneladas procesada	Pérdidas de sacarosa por Dextrana	Precio Unitario por lb	Precio total de pérdidas de sacarosa
Manual	980,000.00 tn	8,377,266.15 lb	\$0.11	\$ 921,498.83
Mecanizado	1,231,900.00 tn	11,411,331.31lb	\$0.11	\$1,255,246.44

Tabla 71. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por inversión acida debido a la formación de azucares reductores con aplicación de bactericida Magnacide D.

Sacarosa no recuperada debido a Inversión acida sin aplicación de bactericida				
Tipo de corte de caña	Toneladas procesada	Pérdidas de sacarosa por azucares reductores	Precio Unitario por lb	Precio total de pérdidas de sacarosa
Manual	980,000.00 tn	490,000.00 lb	\$0.11	\$53,900.00
Mecanizado	1,231,900.00 tn	603,631lb	\$0.11	\$66,399.41

Tabla 72. Pérdidas de sacarosa totales para la zafra por carga microbiana debido a la formación de Dextrana con aplicación de bactericida Magnacide D.

Sacarosa no recuperada debido a Inversión acida sin aplicación de bactericida				
Tipo de corte de caña	Toneladas procesada	Pérdidas de sacarosa por Dextrana	Precio Unitario por lb	Precio total de pérdidas de sacarosa
Manual	980,000.00 tn	3,415,897.99lb	\$0.11	\$375,748.75
Mecanizado	1,231,900.00 tn	10,687,537.85 lb	\$0.11	\$1,175,629.16

7.4. Control de carga Microbiana con y sin aplicación de bactericida Magnacide D

7.4.1. Control de carga microbiana sin aplicación de bactericida: situación actual

La carga microbiana sin aplicación de bactericida reflejó una alta presencia de microorganismos *Aérobicos Mesófilos* de 300×10^3 ufc/ml en el jugo primario que sale del molino 1. La carga microbiana desciende en el jugo extraído por el molino 4 a 18×10^2 ufc/ml. Sin embargo cuando el jugo extraído por los cinco molinos es recolectado en el tanque de jugo crudo y es bombeado a los coladores 1 y 2, presenta un aumento de carga microbiana a 9×10^2 ufc/ml.

La presencia de Mohos en el jugo primario del molino 1 fue de 15×10 ufc/ml, formación que disminuye a 9×10 ufc/ml a partir del 4 molino, pero aumenta a 10×10 ufc/ml cuando el jugo sale de los coladores.

Se observa mayor formación de *Coliformes Totales* en el jugo primario del molino 1 con un valor mayor de 1100 ufc/ml, formación que disminuye a un valor de 460 ufc/ml a partir del molino 4, pero aumenta a un valor menor de 490 ufc/ml cuando el jugo sale de los coladores.

Se identifica mayor formación de *Coliformes Fecales* en el jugo primario del molino 1 con un valor mayor de 460 ufc/ml, formación que disminuye a un valor de 240 ufc/ml a partir del molino 4, pero aumenta nuevamente a un valor de 290 ufc/ml cuando el jugo sale de los coladores.

La presencia de *Staphylococcus* presenta un valor menor 100 ufc/ml, valor que se mantiene constante desde el jugo primario hasta la recolección del jugo diluido en el tanque de almacenamiento. La presencia de *Levadura* y *Salmonella* es nula.

Con la medición de carga microbiana sin bactericida se conocieron y se comprobaron que los puntos de mayor proliferación de la carga microbiana en el jugo de caña son el molino 1, colador 1 y colador 2, debido a que la carga microbiana en el jugo aumenta a la salida de estos equipos. El control de carga microbiana sin aplicación de bactericida se muestra en el Anexo G1.

7.4.2. Control de carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D.

La aplicación de bactericida Magnacide D se realizó en dos puntos específicos: en la entrada del molino 1 y en el tanque recolector de jugo crudo.

Esto se realizó tomando en cuenta los puntos críticos de contaminación por carga microbiana que se identificaron.

Con la aplicación de bactericida Magnacide D se procedió a tomar nuevamente muestras de jugo en el recorrido del Tándem de molinos. De esta manera se evaluó la efectividad del bactericida.

La carga microbiana después de aplicar de bactericida Magnacide D reflejó un valor de *Aérobicos Mesófilos* de 29×10^4 ufc/ml en la entrada del molino 1 que disminuye a la salida del molino 1 a 300×10^3 ufc/m valor que se mantiene constante hasta la entrada del molino 4, que disminuye en la salida del molino 4 a 15×10 ufc/ml hasta el tanque de almacenamiento del jugo diluido.

La presencia de *Mohos* después de aplicar bactericida Magnacide D en jugo primario del molino 1 fue de 15×10 ufc/ml valor que desciende a 9×10 ufc/ml desde la salida del molino 1 hasta la entrada del molino 4, y disminuye a 4×10 ufc/ml, valor que se mantiene constante hasta el tanque de almacenamiento del jugo diluido. En la formación de *Coliformes Totales* con bactericida se cuantifico un valor de 460 ufc/ml en el jugo primario del molino 1 hasta la entrada del molino 4, que desciende a un valor de 290 ufc/ml desde la salida del molino 4 hasta el tanque de almacenamiento del jugo diluido. Con aplicación de bactericida se identifico una formación de *Coliformes Fecales* en el jugo de caña en todo el recorrido del tándem de molinos con un valor de 240 ufc/ml. La presencia de *Staphylococcus* fue con un valor menor 100 ufc/ml en el jugo en todo el recorrido del tándem de molino. La presencia de *Levadura* y *Salmonella* es nula. El control de carga microbiana con aplicación de bactericida se muestra en el Anexo G2. Los valores de carga microbiana con aplicación de bactericida son menores en relación con el que de carga microbiana sin aplicación de bactericida

7.5. Variables Cualitativas

Las pérdidas de sacarosa se cuantifican utilizando medición de parámetros físicos-químicos, sin embargo se debe tomar en cuenta la calidad de la caña que se procesa en la molienda. La calidad de la caña es de gran importancia en el rendimiento de recuperación de la sacarosa, esta influye en las pérdidas por inversión tanto acida como por carga microbiana. Por esta razón primero se tomaron muestra de caña y luego se procedía a tomar las muestras de jugo.

En la tabla 24 además de los valores físicos- químicos de las muestras de jugo recolectados también se muestran los datos cualitativos y cuantitativos de las muestras de caña correspondiente a cada muestra de jugo recolectada con y sin bactericida. Esto permitió conocer la calidad de la caña que se muestreo y relacionar como influye en las pérdidas de sacarosa por inversión.

En las tablas 73 y 74 se muestran los valores promedios de los valores cualitativos y cuantitativos de las muestras de caña recolectadas.

Tabla 73. Valores promedios de las variables cualitativas y cuantitativas de la caña para las muestras sin bactericida Magnacide D.

Tipo de corte de caña	Conc.	Variedad caña	Prom. tn. De caña a moles	Prom. Trash	Prom. Caña podrida	Prom. Brix	Prom. Pol	Prom. Pureza	Prom. %Fibra	Prom. Rendto. Sacarosa (kg/tn)	Prom. t. de permanencia
MV	SB	80% = cp72-2086 40% = cp21-2165	153.27	1.30	1.89	17.7	15.64	87.21	12.98	128.55	80% = < 24 hrs 10 % = < 34 hrs 10% = < 48 hrs
MV	25-25	50% = cp72-2086 25% = cp89-2143 25% = cp88-1165	150.27	8.51	1.89	17.9	15.64	87.21	12.98	128.55	80% = < 24 hrs 10 % = < 34 hrs 10% = < 48 hrs
MV	30-20	75% = cp72-2086 15% = cp89-2143	160.43	12.24	1.38	16.083	13.66	85.4	9.53	122.49	75% = < 24 hrs 15% = < 34 hrs
MV	50-0	75% = cp88-1165 25% = cp72-2086	184.46	12.89	1.40	17.09	14.09	86.49	12.95	126.12	100% = < 24 hrs

Tabla 74. Valores promedios de las variables cualitativas y cuantitativas de la caña para las muestras de jugo con bactericida Magnacide D.

Tipo de corte de caña	Conc (ml)	Variedad caña	Prom. de caña a moler (tn.)	Prom. Trash (%)	Prom. Caña podrida (%)	Prom. Brix	Prom. Pol	Prom. Pureza	Prom. Fibra (%)	Prom. Rendto. Sacarosa (kg/tn)	Prom. tiempo. de permanencia (hrs)
MQ	SB	50% = cp88-1185 40% = cp72-2086 10% = cp72-2087	130.79	3.91	1.69	17.9	15.62	84.85	12.62	253.57	50% = < 48 hrs 40 % = < 24 hrs 10% = < 34 hrs
MQ	25-25	75% = cp72-2086 15% = cp73-1547	105.27	9.16	1.41	17.7	14.81	65.34	13.24	123.213	100 % = < 24 hrs
MQ	30-20	85% = cp88-1162 15% = cp72-2086	164.70	3.23	4.54	19.16	16.95	88.47	13.18	140.95	100% = < 24 hrs
MQ	50-0	Siendo 50% = cp72-2086 50% = cp88-1165	133.88	4.24	1.47	17.34	15.17	87.42	13.05	128	100% = < 24 hrs

Las pérdidas de sacarosa por inversión ácida sin aplicación de bactericida son mayores en la caña de corte manual en comparación con la caña de corte mecanizado. Esto se confirmó con los análisis de Anova que se realizaron a cada una de las muestras recolectadas según los parámetros de glucobrix, caída de pureza y azúcares reductores

En relación con el parámetro porcentaje de glucobrix sin aplicación de bactericida presento mayor formación en la caña de corte manual con un valor de 6.01 en comparación con el corte mecanizado con un valor de 4.09, debido a que influye la temperatura del agua de imbibición que se utiliza para extraer el jugo restante que queda en el bagazo. Altas temperaturas de agua de imbibición producen mayor solubilidad de la sacarosa. Se logró identificar que la temperatura promedio del agua de imbibición en la caña de corte manual fue de 86.7°C, temperatura

superior a la que se identificó en el corte mecanizado la cual fue de 76°C. Siendo la temperatura promedio de ambos tipos de corte de caña de 81.35°C.

El agua de imbibición se agrega en la entrada del molino 5 por lo tanto el jugo diluido producido de la caña tanto de corte manual como mecanizado siempre presentara mayor formación de glucobrix que el jugo primario. Es por eso que los tipos de jugo presentan variaciones de temperaturas relevantes.

Con la caída de pureza sin aplicación de bactericida presento una leve variación de 0.23 en el tipo de corte de caña y tipo de jugo por lo que es un parámetro que no permite realizar una cuantificación real de pérdidas de sacarosa por inversión acida.

En relación al porcentaje de azúcares reductores sin uso de bactericida se calculó una media de desviación estándar agrupada de 3.26 lb/ 130.79 tcm (libras por las 139.79 toneladas métricas corta de caña molida) de sacarosa destruida para el corte de caña manual y para el corte mecanizado de 0.77 lb/ 153.22 tcm (libras por 153.22 toneladas métricas corta de caña molida). Estos cálculos luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesan por día, que se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa para el corte de caña manual como para el corte mecanizado en base a las toneladas de caña procesadas en toda la zafra. En el ingenio se procesa el 40 % de caña de corte manual, lo que es equivalente a 3,194, 800.00 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra por inversión acida y 60 % de caña de corte mecanizado, equivalente a 1, 131,900.00 lb de sacarosa destruida en toda la zafra por inversión acida. Referida a pérdidas económicas esta forma de inversión acida representa \$351,428.00 para el corte manual y \$124,509.00 para el corte mecanizado. Esto representa un total de pérdidas de sacarosa por inversión acida de \$ 475,937.00.

La hipótesis planteada en la que se esperaba mayor formación de azúcares reductores en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual, resulto lo contrario, debido a que las pérdidas monetarias son más altas en el corte manual con un 73 % y bajas con un 27% para el corte mecanizado.

En lo que respecta a la inversión por carga microbiana sin aplicación de bactericida las pérdidas de sacarosa son mayores en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual. Esto igualmente se confirmó con los análisis de de Anova para cada una de las muestras recolectadas a través de los parámetros físicos –químicos de temperatura, pH y porcentaje de Dextrana.

Con respecto al parámetro temperatura sin aplicación de bactericida se logró identificar valores de temperatura mayor en los jugos de la caña de corte manual de 34.28 °C que en los jugos de la caña de corte mecanizado de 34.13°C. Para el factor tipo de jugo se observo que el jugo diluido producido de la caña de corte manual como mecanizado presento un valor de temperatura de 37.55°C y el jugo primario de 30.85°C es por eso que la caña de corte mecanizado presenta mayor

formación de Dextrana porque la temperatura es una variable que influye en la formación de Dextrana, debido a que altas temperaturas provocan la muerte de el microorganismo *Leuconostoc* que produce la formación de Dextrana.

Referido al término pH sin uso de bactericida la caña de corte mecanizado presento un valor de pH de 5.63 para el corte mecanizado y de 5.40 para el corte manual. Este valor de pH es favorable para el desarrollo del microorganismo *Leuconostoc*. Por tanto el pH influye en las pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana.

En relación con el parámetro porcentaje de Dextrana sin uso de bactericida se logró identificar que el tipo de corte de caña no influye en la formación de Dextrana debido a que las pérdidas de sacarosa fueron de 1111.27 lb/130.79 tcm (libras por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molida) correspondiente a la caña de corte manual. Cálculos que luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesaban por día. A estas 14,000.00 toneladas por día le corresponde un 40% a caña de corte manual, que se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa por corte de caña manual en base a las toneladas de caña de corte manual procesadas en toda la zafra. Extrapolando el valor de 1111.27 lb/ 130.79 tcm (libras por las 130.79 toneladas métricas corta de caña molida) esto es equivalente a 8,377,266.15 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra que representa una pérdida monetaria de \$921,498.83 por el corte manual para la carga microbiana y para la caña de corte mecanizado de 1417.27 lb/ 153.22 tcm (libras por toneladas métricas corta de caña molida). Cálculos que luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesaban por día. A estas 14,000.00 toneladas por día le corresponde un 60% a caña de corte mecanizado, que se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa por caña de corte mecanizado en base a las toneladas de caña de corte mecanizado procesadas en toda la zafra. Extrapolando el valor de 1417.27 lb/ 153.22 tcm (libras por las 153.22 toneladas métricas corta de caña molida) esto es equivalente a 11,416,331.00 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra que representa una pérdidas monetaria de \$1,255,246.44 por el corte mecanizado para la carga microbiana. Esto representa un valor total de pérdidas de sacarosa por carga microbiana de \$2,176,745.27. Las pérdidas de sacarosa por inversión sin aplicacion de bactericida representan un monto total de \$2,652,682.21. De este valor el 17.94% corresponde a las pérdidas por inversión acida y el 82% a las pérdidas por carga microbiana.

La hipótesis planteada en la que se esperaba mayor formación de Dextrana en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual, resulto verdadera, debido a que las pérdidas monetarias son más altas en el corte mecanizado con un 52 % y con un 48% para el corte manual. Sin embargo este valor no era significativo en comparación con el factor tipo de jugo, debido a que la mayor pérdida de sacarosa por formación de Dextrana se da en el jugo primario tanto en el jugo producido por la caña de corte manual como mecanizado, con un valor de

91.50%. Gracias a esta hipótesis se confirma que la inversión ácida no influye en la inversión por carga microbiana, son inversiones totalmente independientes. La calidad de la caña se tomó en cuenta tanto con aplicación, como sin aplicación de bactericida Magnacide D debido a que influye en las pérdidas de sacarosa por carga microbiana y por inversión ácida.

Las pérdidas de sacarosa por carga microbiana fueron mayores en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual. La caña de corte mecanizado presentó condiciones favorables como: bajos porcentajes de Brix con valores de 17.60 % y altos porcentajes de caña podrida con valores de 1.89 %, condiciones que producen que el *Leuconostoc* consuma la sacarosa presente en la caña.

Las pérdidas de sacarosa por inversión ácida fueron mayores en la caña de corte manual que en la caña de corte mecanizado, producto a que el 50% de la caña de corte manual permanece más de 24 horas en el patio del ingenio antes de ser procesada, en cambio el 80% de la caña de corte mecanizado es procesada en un tiempo menor de 24 horas, el porcentaje de Trash en la caña de corte manual fue de 3.91% y en la caña de corte mecanizado fue 1.30% y el 50% de la caña de corte manual es de la variedad cp72-2086 siendo en la caña de corte mecanizado de un 70% de esta variedad.

Con aplicación de bactericida Magnacide D, se disminuyen las pérdidas de sacarosa tanto por carga microbiana como por inversión ácida, esto se confirmó con los parámetros físicos-químicos correspondientes a cada tipo de pérdidas de sacarosa corroborados con los análisis de Anova. La cuantificación de pérdidas de sacarosa por carga microbiana e inversión ácida se calcularon con la dosificación de 30-20 ml/min debido a que con esta dosificación se observaron mejores resultados para disminuir las pérdidas de sacarosa.

En lo que respecta a las pérdidas de sacarosa por inversión ácida con aplicación de bactericida Magnacide D se observó mayores pérdidas de sacarosa en la caña de corte mecanizado en relación con la caña de corte manual. Esto se confirmó con los análisis de Anova que se realizaron a cada una de las muestras recolectadas a través de los parámetros físicos-químicos de glucobrix, caída de pureza y porcentajes de azúcares reductores.

En relación con el parámetro porcentaje de glucobrix con aplicación de bactericida Magnacide D, se observaron valores más altos en la caña de corte mecanizado en relación con la caña de corte manual, debido a la influencia del agua de imbibición. La temperatura promedio de agua de imbibición que se identificó en la caña de corte mecanizado fue de 115.60°C, temperatura superior a la que se identificó en la caña de corte manual de 93°C. Siendo la temperatura promedio para ambos tipos de corte de caña de 104.3. Esta temperatura promedio fue mayor en relación en la que se midió sin aplicar bactericida que fue de 81.35 °C. El jugo diluido presentó temperaturas mayores que el jugo primario. Este

comportamiento es igual con y sin aplicación de bactericida porque el agua de imbibición siempre se agrega en la entrada al molino 5.

Con la caída de pureza con aplicación de bactericida Magnacide D se presenta una leve variación en el tipo de corte de caña y tipo de jugo sin embargo el comportamiento fue similar en relación sin aplicación de bactericida. Se podría decir que la aplicación de bactericida no ayuda mucho a disminuir la caída de pureza, porque la aplicación del bactericida está dirigido a combatir las pérdidas de sacarosa por carga microbiana y no por inversión.

Sin embargo con aplicación de bactericida se observó una disminución de azúcares reductores, parámetro que permite la cuantificación de las pérdidas de sacarosa por inversión química y no como la caída de pureza que no permite cuantificar la pérdida de sacarosa porque es un parámetro más cualitativo que cuantitativo.

En relación con el parámetro porcentaje de azúcares reductores con aplicación de bactericida Magnacide D se calculó una media de desviación estándar agrupada de 1.53 lb/140.95 tcm (libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida) de sacarosa destruida para la caña de corte mecanizado. Estos cálculos luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesan por día, que se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa para el corte de caña manual como para el corte mecanizado en base a las toneladas de caña procesadas en toda la zafra. Con el 40 % de caña de corte manual que se procesaba esto es equivalente a 53,900.00 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra por inversión ácida y 60 % de caña de corte mecanizado equivalente a 603,631.00 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra por inversión ácida. Referida a pérdidas económicas esta forma de inversión ácida representa \$53,900.00 para el corte manual y \$66,349.00 para el corte mecanizado. Esto representa un total de pérdidas de sacarosa por inversión ácida de \$ 120,249.00.

Las pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores sin aplicación de bactericida fue de \$475,937.00 las cuales se pueden disminuir a \$120,249.00 con aplicación de bactericida Magnacide D. El valor de \$120,249.00 con bactericida equivale a un 27% del valor de \$475,937.00 sin bactericida, es decir que esta pérdida de sacarosa de \$475,937.00 se puede disminuir a un 73 % con aplicación de bactericida utilizando la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D, o sea que la hipótesis planteada que se esperaba disminuir las pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores con aplicación de bactericida resultó verdadera.

En lo que respecta a la inversión por carga microbiana con aplicación de bactericida las pérdidas de sacarosa son mayores en la caña de corte mecanizado que en la caña de corte manual, pero se identificó valores de disminución con la dosificación 30-20 ml/min en los parámetros físicos-químicos así como en los

análisis de población de carga microbiana. Esto igualmente se confirmó con los análisis de Anova de temperatura, pH y porcentaje de Dextrana.

Con respecto al parámetro temperatura con aplicación bactericida se logró identificar valores de temperatura mayor en la caña de corte mecanizado (34.78 °C) que en la caña de corte manual (34.43°C). Para el factor tipo de jugo se observó que el jugo diluido producido por caña corte de manual como mecanizado presentó un valor de temperatura de 37.41°C y el jugo primario de 31.81°C. Esta temperatura debería producir menor formación de Dextrana en la caña de corte mecanizado, sin embargo la caña de corte manual fue la que presentó menor formación de Dextrana. La caña de corte mecanizado presenta mayor formación de Dextrana porque estas muestras se recolectaron al inicio de invierno, la alta humedad favorece el desarrollo del microorganismo *Leuconostoc*, el traslado de la caña a la fábrica se hace más difícil y la caña de corte mecanizado presenta mayor superficie expuesta para el consumo del *Leuconostoc*, pero a pesar de todo esto la temperatura siempre influyó en la disminución de formación de Dextrana, debido a que altas temperaturas provocan la muerte de el microorganismo *Leuconostoc*.

Referido al comportamiento de pH con aplicación de bactericida, la caña de corte mecanizado presentó un valor de pH de 5.47 y de 5.68 para la caña de corte manual. El valor de pH de la caña de corte mecanizado fue menor en relación al de sin aplicación. Se considera que el pH ideal tanto para la caña de corte manual como de corte mecanizado debería de ser de 5.68, este valor de pH favorece la disminución de azúcares reductores y de formación de Dextrana.

En relación con el parámetro porcentaje de Dextrana con aplicación bactericida se logró identificar que el tipo de corte de caña es significativo en la formación de Dextrana debido a que las pérdidas de sacarosa fueron de 574.08 lb/140.95 tcm (libras de sacarosa por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida) para la caña de corte manual. Estos cálculos luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesaban por día, de las cuales el 40 % corresponde a caña de corte manual. Las 14,000.00 toneladas de caña molida por día se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa para la caña de corte manual en base a las toneladas de caña procesadas en toda la zafra. Extrapolando, el valor de 574.08 lb/140.95 tcm (libras por toneladas métricas corta de caña molida) esto es equivalente 3,415,897.99 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra, lo que representa una pérdida monetaria de \$375,748.75 por carga microbiana y para la caña de corte mecanizado la pérdida de sacarosa es de 1390.00 lb/131.72 tcm (libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida). Estos cálculos luego se realizaron en base a las 14,000.00 toneladas de caña que se procesaban por día, de las cuales el 60 % corresponde a caña de corte mecanizado. Las 14,000.00 toneladas de caña molida por día se ponderaron para realizar el cálculo de las pérdidas de sacarosa para el corte de caña mecanizada en base a las toneladas de caña procesadas en toda la zafra, equivalente a 10,687.537 lb de sacarosa total destruida en toda la zafra, lo que

equivale a pérdidas monetarias \$1,175,629.00 por carga microbiana. El valor total de pérdidas de sacarosa por carga microbiana es de \$1,551,377.91.

La hipótesis planteada en la que se esperaba disminuir la formación de Dextrana con aplicación de bactericida, resultó verdadera, debido a que las pérdidas monetarias fueron de \$1,151,377.91 que corresponde a un 52.89% de las pérdidas totales, cuyo valor es \$2,176,745.27 sin aplicación de bactericida. Es decir que se pueden reducir las pérdidas de inversión por carga microbiana a un 47% si se aplica bactericida utilizando la dosificación 30-20 ml de Maganacide D.

Las pérdidas de sacarosa por inversión es la suma de la inversión por carga microbiana y la inversión acida, con un valor total de pérdidas monetarias de \$1,671,626.91. A la inversión acida le corresponde 31.13% y a la inversión por carga microbiana 68.87%.

Las pérdidas de sacarosa totales con aplicación de bactericida representan un total de \$1,671,626.91 que corresponden a un 63.01% de las pérdidas totales sin aplicación de bactericida de \$2,652,682.21. Es decir que se pueden reducir las pérdidas por inversión a un 36.99% si se aplica bactericida utilizando la dosificación 30-20 ml de Maganacide D.

La calidad de caña también se tomo en cuenta en las pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida. La inversión por carga microbiana y por inversión acida es mayor en la caña de corte mecanizado que en el corte manual, debido a que presento caña podrida 1.89 % en relación a la caña de corte manual cuyo valor es 1.41%.

El tiempo de permanencia en el patio del ingenio del 50% de las muestras de caña de corte mecanizado es menor de 24 horas y un 15% menor de 34 horas. Estas condiciones favorecen que el *Leuconostoc* consuma la sacarosa presente en la caña y que la descomposición de la sacarosa se dé con mayor rapidez debido a que está demostrado que cada hora que transcurre la caña de corte mecanizado o manual sin moler pierde cantidad, calidad y por tanto rendimiento de sacarosa. Sin aplicación de bactericida la calidad de la caña influyo a que las pérdidas fueran menores porque fue una calidad de caña mejor que la calidad de caña que se presento con la aplicación de bactericida.

VIII. CONCLUSIONES

Con la medición de carga microbiana se comprobó que el bactericida Magnacide D es efectivo, ya que se presenta una reducción de *Aeróbicos Mesófilos*, *Mohos* y *Levaduras* hasta un 21.56 %

Las pérdidas de sacarosa que se producen por inversión acida no influye en las pérdidas de sacarosa por carga microbiana. Son inversiones totalmente separadas. La inversión acida representa el 17.95% de pérdidas total de sacarosa. La cuantificación de pérdidas de sacarosa por inversión acida se realizo en base a la formación de azúcares reductores (%AR), porcentaje de glucobrix (% Gbrix) y caída de pureza (cp).

Las pérdidas de sacarosa por la formación de azúcares reductores con aplicación de bactericida disminuyen, perdiendo 1.53 lb/140.95 tcm (libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida) de sacarosa para la caña de corte manual y 1.17 lb/131.72 tcm (libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida) para la caña de corte mecanizado, estas pérdidas se realizaron posteriormente en base a las 14,000.00 toneladas de caña procesadas por día correspondiente un 40% a la caña de corte manual y un 60% a la caña de corte mecanizado. La temperatura y el pH influyen en las pérdidas por inversión acida. Las temperaturas determinadas (37.41°C para el jugo primario y 31.81°C jugo diluido) son las más propicias para disminuir las pérdidas de sacarosa por inversión acida.

El porcentaje de glucobrix (% Gbrix) no influye en las pérdidas de sacarosa por carga microbiana, pero es un parámetro físico-químico que permite cuantificar las pérdidas por inversión acida, debido a que en la caña de corte mecanizado se determinó un valor promedio de 0.9 % y en la caña de corte manual de 1.5 %

La caída de pureza no permite realizar por sí misma la cuantificación de pérdida de sacarosa por carga microbiana, ni por inversión acida, porque es una variable de carácter cualitativo y no cuantitativo. Esta variable no permite realizar cálculos para conocer cuantas libras de sacarosa se pierden por toneladas de caña. Esto se confirmo con los Análisis de Anova

La cuantificación de pérdidas de sacarosa por carga microbiana se realizó en base a la formación de porcentaje de Dextrana (%AR), temperatura (T°C) y pH.

La formación de Dextrana se calculo en base al parámetro físico-químico porcentaje de Dextrana (% Dext). Sin aplicación de bactericida el porcentaje de Dextrana es de 82% y con aplicación de Magnacide D disminuye a 68%. Las pérdidas por formación de Dextrana se producen en mayor proporción en la caña de corte mecanizado (54%) en comparación con la caña de corte manual (24%).

Con aplicación de bactericida las pérdidas de sacarosa por carga microbiana por formación de Dextrana disminuyen perdiendo 574.08 lb/140.95 tcm (libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida) de sacarosa para la caña de corte manual y 1390 lb/131.72 tcm (libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida) para la caña de corte mecanizado, estas pérdidas se realizaron posteriormente en base a las 14,000.00 toneladas de caña procesadas por día correspondiente un 40% a la caña de corte manual y un 60% a la caña de corte mecanizado.

La temperatura y el pH así como influyen en las pérdidas por inversión ácida también influyen en las pérdidas por carga microbiana ya que influyen de forma directa en la formación de Dextrana.

Los rangos de temperaturas propicias para disminuir la carga microbiana y que descienda la formación de Dextrana tanto para la caña de corte manual como mecanizado es de 37.41°C para el jugo diluido y 31.81°C para el jugo primario. Estos valores de temperatura se obtuvieron debido a que el agua de imbibición agregada al molino 5 presentó una temperatura promedio de 104.3°C, temperatura promedio entre el agua de imbibición para la caña corte manual y la caña corte mecanizado. Esta temperatura es adecuada para disminuir la formación de Dextrana, sin embargo es de gran riesgo para la fusión de la sacarosa. Por consiguiente la temperatura promedio de 81°C que se determinó sin aplicación de bactericida es la más idónea.

El valor adecuado de pH es de 5.68 tanto para la caña de corte manual como mecanizado.

La calidad de la caña influye en las pérdidas de sacarosa por carga microbiana como también influye en las pérdidas por inversión ácida. Las menores pérdidas de sacarosa se producen con un valor de Trash de 1.41%, que se obtuvo de la variedad de caña cp72-2086 al 85% y con un tiempo de permanencia menor de 24 horas.

La dosificación 30-20 ml/min, o sea la aplicación de 30 ml de Magnacide D en la entrada del molino 1 y 20 ml en el tanque de jugo crudo, es la mejor dosificación para disminuir las pérdidas de sacarosa en el tándem de molinos. Con esta dosificación se pueden reducir las pérdidas de sacarosa totales a un 36.99%.

IX. RECOMENDACIONES

Diseñar e instalar un sistema automático para el bombeo de Magnacide D en la entrada del molino 1 y en el tanque de jugo crudo.

Validar el método de determinación de Dextrana en jugo primario y diluido y construir la curva de medición.

Tomar en cuenta el porcentaje de Dextrana como variable indicadora de pérdidas de sacarosa por carga microbiana. Esto permitirá llevar un control de la efectividad del bactericida con pérdidas menores de 600 lb/ 140.95 tcm (libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida) para la caña de corte manual y menores de 1500 lb/131.72 tcm (libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida) para la caña de corte mecanizado

Medir la carga microbiana en el recorrido del jugo por el tándem de molinos al menos dos veces por semana. La medición de carga microbiana servirá para evaluar la efectividad directa del bactericida sobre la disminución de la carga microbiana, especialmente de *Aeróbicos Mesófilos*, *Coliformes totales* y *Fecales*.

Aplicar la variable azúcares reductores como variable-respuesta para conocer las pérdidas de sacarosa de forma cuantitativa por inversión ácida.

Realizar mediciones de bacterias *Acido-Lácticas* en los jugos de caña, debido a que la presencia de ellas provoca fermentación de la sacarosa y esto es otro tipo de pérdida.

Efectuar una simulación basada en cinética química a escala laboratorio para confirmar si la temperatura de 81°C es la temperatura óptima que debe tener el agua de imbibición que se agrega al molino 5 para poder disminuir la fusión de la sacarosa y evitar la proliferación de la carga microbiana.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. James C.P. Chen. Manual del azúcar de caña para fábrica de azúcar de caña y químicos especiales. Sexta edición. Editorial Limusa. 2007.
2. E. Hugot. Handbook of cane sugar Engineering. Third Edition. Elsevier Sciene Publishers. 1997.
3. Carlos E. Buenaaventura Osorio. Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera. Editorial Tecnicaña. 1989.
4. Laura Serrano Galvis. Determinación de la población microbiana en el proceso de extracción de jugo de azúcar en el Ingenio Manuelita S.A. 2009.
5. Humberto Gutiérrez Pulido. Análisis y diseño de experimento. Segunda edición. 2008.

XI. NOMENCLATURA

M0: Muestra en la entrada de mesa de alimentación
M1-M2: Muestras en la entrada y salida del molino 1
M3-M4: Muestras en la entrada y salida del molino 2
M5-M6: Muestras en la entrada y salida del molino 3
M7-M8: Muestras en la entrada y salida del molino 4
M9-M10: Muestras en la entrada y salida del molino 5
M11: Muestras del tanque de jugo crudo
M12: Tanque de maceración 1
M13: Tanque de maceración 2
M14: Tanque de maceración 3
M15: Muestras del colador 1
M16: Muestra del colador 2
M17: Muestra en el tanque de jugo diluido
Ufc/ml: Unidades formadoras de colonias por mililitros de muestra
MAGFOR: Ministerio Agropecuario y Forestal
SIPOC: Entrada, cliente y salida
a: Agua de imbibición
I: Jugo extraído del molino 1
II: Jugo extraído del molino 2
III: Jugo extraído del molino 3
IV: Jugo extraído del molino 4
V: Jugo extraído del molino 5
C1: Muestra de caña en la mesa de alimentación
jp: Jugo primario
jd: jugo diluido
B1: Bomba dosificadora en la entrada del molino 1
B2: Bomba dosificadora en el tanque recolector de jugo crudo
%AR: Porcentaje de azúcares reductores
%Gbr: Porcentaje de glucobrix
cp: Caída de pureza
t°C: Temperatura en grados Celsius
pH: Acidez
%Dext: Porcentaje de Dextrana
MV: corte mecanizado
MQ: corte manual
GL: Grados de libertad
SC: Suma de cuadrados
CM: Suma de cuadrados medios
F: F-razón
P: Probabilidad
SB: sin bactericida
tc: tipo de corte
tj: tipo de jugo
ml/min: mililitros por minutos

lb/tcm: libras por toneladas métricas corta de caña molida

lb/tcm-MQ-jp: libras por toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario

lb/tcm-MQ-jd: libras por toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido

lb/tcm-MV-jp: libras por toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario

lb/tcm-MV-jd: libras por toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido

lb/tcm-jp: libras por toneladas métricas corta de caña para el jugo primario

lb/tcm-jd: libras por toneladas métricas corta de caña molida para el jugo diluido

% AR-jp: Porcentaje de azúcares reductores en el jugo primario

% AR-jd: Porcentaje de azúcares reductores en el jugo diluido

% Gbrix-jp: Porcentaje de glucobrix en el jugo primario

% Gbrix-jd: Porcentaje de glucobrix en el jugo diluido

% Dext-jp: Porcentaje de Dextrana en el jugo primario

% Dext-jd: Porcentaje de Dextrana en el jugo diluido

XII. GLOSARIO

Magnacide D

Es un bactericida de amplio espectro compuesto de Disodium ethylenebisdithiocarbamate y Sodium dimethyldithiocarbamate. Corrosivo a los ojos y la piel. Se utiliza para reducir la inversión de la sacarosa por la presencia de carga microbiana especialmente por la presencia de la bacteria *Leuconostoc mesenteroide*.

Pureza

Es la relación de la lectura del polarímetro (Pol) en los Brix que permite determinar la pureza de una solución en términos de sacarosa.

Pol

La sacarosa diluida goza de la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada propiedad que se utiliza en la industria azucarera para determinar la riqueza de los jugos de caña mediante un aparato óptico llamado polarímetro de donde se deriva la palabra Pol. Este aparato envía un rayo de luz polarizada a través de una solución de sacarosa y mide la rotación de la luz después de pasar por el líquido. Con el valor resultante se mide el % de sacarosa en el jugo.

Brix

Es obtenido usando refractómetro que son aparatos electrónicos que miden el índice de solución de sacarosa proporcionando su propio índice o su porcentaje de sólidos solubles en solución acuosa de sacarosa

Glucobrix

Es obtenido de la relación de porcentaje de azúcares reductores en el porcentaje de los Brix.

P (Probabilidad)

Un valor de probabilidad menor de 0.05 indica que los parámetros evaluados contribuyen en el modelo. Un valor de probabilidad menor de 0.05 indica que el ajuste de los datos y el modelo son significativos

F-razón

La F-razón para la suma de cuadrado indica cuanto es la variación sistemática que esta por encima del ruido. La F-razón para el residuo/ error experimental y ajuste/ error experimental permite evaluar la falta de ajuste donde se compara el valor de F-razón versus nivel de Probabilidad siendo significativo cuando el valor de F-razón es mayor que el valor de nivel de Probabilidad (P) de 0.05.

Residuo

Es la diferencia entre el valor observado y la repuesta predicha por el modelo para tal tratamiento

XIII. ANEXO

A. Métodos de medición de parámetros físicos-químicos

A.1. Medición de pH

1. Principio del método

La medición de pH se basa en la medición potenciométrica de pH. Es la medida de la concentración de los iones hidrógenos en una solución. Este valor varía con la temperatura. Por esta razón las mediciones de pH pueden ser comparadas si se realizan a la misma temperatura.

2. Equipos

- a) Potenciómetros (pH) con resolución de ± 0.01 unidades de pH
- b) Balanza ± 0.1 g
- c) Circulador de agua fría

3. Materiales y reactivos

- a) Agua destilada
- b) Papel absorbente
- c) Solución KCl
- d) Beaker de 250 ml
- e) Pizeta
- f) Pinzas

4. Pasos

- Enfriar la muestra en el circulador de agua fría para mayor rapidez, o hasta que esta alcance temperatura ambiente entre 20 a 30°C.
- Cuando la muestra se encuentre diluida y el Brix no exceda a los 70 °C, la muestra se lee directamente, seguir en inciso d)
- Preparar una disolución 1:1, esto es pesar la misma cantidad de muestra y agua desmineralizada y mezclar hasta completar dilución. La solución 1:1 se puede preparar con cantidades de masa entre 50-300 g con una precisión de ± 0.1 g.
- Lavar el electrodo con agua destilada, usar una pizeta y secar con papel absorbente.
- Sumergir el electrodo del potenciómetro en la muestra tratando de cubrir con la solución la mitad de la longitud del electrodo. Cuando la muestra sea viscosa o presente sólidos suspendidos o se requiere ajustar a un pH específico, agitar la muestra con movimientos circulares o bien utilizar un agitador magnético
- Tomar lectura de pH cuando el indicador se encuentre estable, anotar la lectura.
- Sacar el electrodo, lavar con agua, secar con papel absorbente y dejar sumergido preferiblemente en solución de KCl, en caso contrario usar agua del grifo

5. Expresión de resultados

pH = lectura del potenciómetro

A.2. Medición de Análisis de Brix por refractometría

1. Principio del Método

El principio del método es la medición del índice de refracción de la muestra, a través del refractómetro, para la cuantificación de sólidos disueltos en la misma.

2. Equipos

- a) Refractómetro
- b) Agitador mecánico
- c) Balanza ± 0.0001 g
- d) Balanza ± 0.01 g

3. Materiales y Reactivos

- a) Agua destilada o desmineralizada
- b) Capsula de Pesaje
- c) Beaker
- d) Pizeta
- e) Micropipeta plástica
- f) Papel absorbente

4. Pasos

- Verificar la temperatura de la muestra, si es necesario enfriar a temperatura ambiente con baño de circulación o bandeja con agua.
- Lavar el prisma por refractómetro con abundante agua, secar con papel absorbente. Agregar de 1 a 2 ml de agua, tapar y comprobar el cero con precisión ± 0.05 secar con papel absorbente.
- Agregar de 1 a 2 ml de muestra o solución 1:1, tapar refractómetro y tomar lectura.

Nota 1: Revisar la resolución del refractómetro, algunos tienen capacidad 0-20 Brix, manuales, 0-65 Brix, ó 40-85 Brix, etc. En este caso se prefiere medir al 50% de la resolución, si se excede preparar solución 1:1.

Nota 2: Cuando se use agua caliente para hacer la dilución, asegurarse que esta no excede los 60°C y que no contenga trazas de azúcar.

Nota 3: La mayoría de refractómetros modernos hacen la compensación por temperatura cuando no se lee a 20°C. En caso de contar con la compensación automática, corregir con la siguiente ecuación.

$$Lectura_{Brix_{20^{\circ}C}} = Lectura_{Brix} * [1 - (T - 20) * 0.03]$$

A.3. Medición para el ensayo de Pol de productos en proceso

1. Principio del método

Se filtra la solución del producto, se procede a tomar la lectura del pol en polarímetro. Se calcula la pol a partir de la muestra y la medición obtenida.

2. Equipos

- a) Polarímetros
- b) Balanza semianalítica ± 0.01 g
- c) Agitador mecánico

3. Materiales y reactivos

- a) Agua destilada o desmineralizada
- b) Octapol reactivo clarificador
- c) Acido acético (CH_3COOH) al 10 %
- d) Balón 100 y 200 ml}
- e) Balón 100 a 110 ml
- f) Beaker
- g) Capsula de pesaje
- h) Embudo
- i) Pizeta
- j) Gotero
- k) Papel filtro Whatma 91 o su equivalente.
- l) Tubo de polarizar 200 mm

4. Pasos

- Agregar de uno a dos ml de jugo al refractómetro y leer Brix, anotar el resultado.
- Agregar aproximadamente 150 ml de jugo a un beaker o recipiente adecuado.
- Con una cuchara o medidor, agregar reactivo clarificante. La cantidad que contiene el medidor debe ser establecida de acuerdo a las condiciones del jugo, esto debe ser evaluado previamente
- Agitar hasta lograr una buena mezcla. Filtrar con papel filtro y descartar los primeros lavados.
- Llenar con la solución filtrada completamente el tubo de polarizar con agua.
- Llenar el tubo de polarizar con solución filtrada.
- Tomar lectura en polarímetro y anotar como Pol

Nota: Para verificar la limpieza del tubo, lavar y llenar con suficiente agua. Verificar que la lectura indique 0.00 ± 0.01

5. Expresión de Resultados

La pol se calcula con las siguientes formulas

$$\text{Pol}_j = L_{\text{pol}} (0.26065 - 0.000995 * \text{Brix})$$

$$\text{Pol}_{ba} = L_p * 2.73$$

A.4. Medición de análisis de azúcares reductores en jugos

1. Principio del método.

El principio del método a volumen constante de Lane y Eynon estriba en que la solución de prueba se agrega a un volumen definido de una solución de sal cúprica compleja fuertemente alcalina, solución de fehling la cual se lleva a ebullición.

El resto de la solución de la prueba se agrega entonces, hasta obtener el punto final, los iones cúpricos son reducidos completamente a óxido cuproso y el color azul de la solución desaparece. La agudeza del punto final es mejorada por el uso de un indicador, azul del metileno, el cual es decolorado en la presencia de un exceso diminuto de azúcares reductores. Algunos no azúcares, particularmente el calcio, pueden influir en los resultados de esta determinación posiblemente formando un complejo con glucosa y fructuosa. Este efecto es eliminado secuestrando al Ca^{2+} presente en la muestra con el uso de EDTA. La sacarosa que está presente y que se convierte parcialmente en azúcares reductores, debido al pH alto y temperatura de la mezcla de la reacción, es corregido en los cálculos ya que el resultado debe multiplicarse por un factor de corrección de sacarosa, para restar este efecto. Las condiciones experimentales, incluyendo el volumen y concentración de solución fehling, tiempo de ebullición y volumen final de la mezcla de reacción, son definidos estrictamente. Por consiguiente para un análisis preciso son necesarios 2 titulaciones la primera de prueba para determinar el volumen de agua a utilizar y la segunda en donde agregaremos la cantidad de agua y solución prueba antes de calentar, tal que solo reste por agregar aproximadamente 1 ml de muestra para alcanzar el volumen de titulación final, en este caso 75 ml.

2. Reactivos y equipos

- a) Balanza analítica
- b) Balanza semianalítica
- c) Balón aforado de 200 ml clase A
- d) Balón aforado de 500 ml clase A
- e) Balón aforado de 1000 ml clase A
- f) Balón aforado de 2000 ml clase B
- g) Beaker de 100 ml
- h) Beaker de 250 ml
- i) Beaker de 500 ml
- j) Bureta de 0 a 25 ml clases A
- k) Embudo sin vástago
- l) Erlenmeyer de 250 ml
- m) Espátula
- n) Magneto
- o) Perlas de ebullición
- p) Pinzas para Buretas
- q) Pinzas con agua destilada %555
- r) Soporte para Buretas.

3. Preparación de Reactivos

- a) **Disolución de disodio de EDTA 40 g/L:** Disolver 20 g de esta sal en agua destilada, dentro de un recipiente volumétrico de 500 ml, luego llevar a la marca de aforo.
- b) **Solución de Azul de Metileno 1g/ 100 ml:** disolver 1 g /100 ml: disolver 1 g de azul de metileno en agua destilada, dentro de un recipiente volumétrico de 100 ml y llevar a la marca de aforo. Usar Parafina líquida o cualquier antiespumante.
- c) **Acido Clorhídrico 6.34 mol/L:** Disolver en agua destilada 630 ± 5 ml de ácido clorhídrico concentrado en un recipiente volumétrico de 1 ml y ajustar para obtener exactamente 6.34 mol/l utilizando como indicador naranja de metileno.
- d) **Solución de hidróxido de sodio aproximadamente 2 mol/L:** Disolver 80 gramos de hidróxido de sodio en aproximadamente 500 ml de agua, enfriar la solución y transferir a un recipiente volumétrico de 1000 ml y llevar a la marca de aforo.
- e) **Solución de hidróxido de sodio 1 mol/L:** Disolver 40 g de hidróxido de sodio en aproximadamente 500 ml de agua destilada, enfriar la solución y transferir a un recipiente volumétrico de 1000 ml y llevar a la marca de aforo.
- f) **Acido Clorhídrico de 0.5 mol/L:** Diluir 44.5 ml de ácido clorhídrico concentrado en un recipiente volumétrico de 1000 ml y llevar a la marca de aforo.
- g) **Solución de fenolftaleína 1 g/100 ml:** Disolver un gramo de fenolftaleína (grado indicador) en 60 ml de alcohol desnaturalizado y lleve a la marca de aforo con agua destilada; en un recipiente volumétrico de 100 ml.
- h) **Solución Estándar de invertidos 2.5 g/L**
 - Pesar 9.5 g de sacarosa pura y transferirlos a un recipiente volumétrico 1L sin pérdidas de sacarosa, adicionándole 100 ± 5 ml de agua destilada.
 - Adicionar 5 ml de ácido clorhídrico concentrado ($20^\circ\text{C}=1.18 \text{ g/ml}$) a la solución de sacarosa y mezclar gentilmente durante la adición.
 - Tapar la bocas del balón para prevenir la entrada de materias extrañas a este y dejarlos reposar por un periodo de tiempo suficiente, para permitir que se dé la inversión de la sacarosa .Este periodo esta en dependencia de las condiciones de temperatura. La inversión se completa con un reposo de 3 días a $20 - 25^\circ\text{C}$ o 8 días a $12 - 15^\circ\text{C}$.
 - Diluir la solución de invertido con aproximadamente 800 ml de agua.
 - Disolver aproximadamente 2g de ácido benzoico (grado reactivo) en aproximadamente 75 ml de agua caliente, agregue la solución de ácido benzoico a la solución de invertido. Finalmente llevar la solución a la marca de aforo y mezclar tan pronto como sea posible. La solución contiene 10g/L de azúcar invertido. Cuando se agrega el producto en un recipiente tapado, este debe permanecer estable por 6 meses.
 - Preparar una solución neutral de invertido 2.5 g/L pipeteando, pipeteando 50 ml de la solución anterior y depositarlo dentro de un balón de 200 ml, agregar dos gotas de fenolftaleína.

- Agregar desde una bureta hidróxido de sodio 1 mol/L hasta que se desarrolle un color rosado. Descartar el color rosado agregando una o dos gotas de ácido clorhídrico 0.5 mol/L. Finalmente llevar a la marca de aforo con agua y mezclar.
- Solución Estándar de invertidos 2.5 g/L: Otra forma de preparar esta solución es disolviendo 2.500g de glucosa anhidrico $C_6H_{12}O_6$ en un frasco volumétrico de 1 litro.

4. Pasos para la medición de azúcares reductores para jugos

- Ajustar la temperatura del calentador tal que 75 ml de agua alcancen su punto de ebullición en un periodo de 2.5 ± 5 segundos, una pequeña cantidad de perlas de ebullición puede ser agregadas al agua, para garantizar una ebullición constante. La ausencia de las condiciones de calentamiento estándar podrían dar resultados no reproducibles día a día.
- Pesar la cantidad de muestra especificada en la tabla, de acuerdo al tipo de muestra y depositarlos en un balón de 100 ml, adicionarle la cantidad de solución de EDTA de acuerdo a la misma tabla, diluir y llevar la marca de aforo con agua destilada. El calcio presente en las muestras, forma complejos con glucosas y fructuosas, dando como resultados menores contenidos aparentes, de azúcares reductores. Este efecto de calcio se elimina con la adición de 3 ml de EDTA por g de muestra. La concentración de la solución de invertidos que se agrega debe ser 1g/100 ml = 10 g/l. Se agregan 3 ml de EDTA por cada g de muestra. El volumen y la concentración de invertidos puede variar según la determinación de reductores que se estime durante la titulación (volumen gastado titulación).

Concentraciones sugeridas para la preparación de las muestras

Muestras	g muestra C solución -tít.	ml EDTA	M V. invertidos	Aforar
Jugo Primario	8	24	35	100ml
Jugo Diluido	8	24	35	100ml
Jugo clarificado	8	24	35	100 ml
Meladura Evaporada	15	45	0	100 ml
Meladura Clarificada	15	45	0	100

Titulación de Prueba

- Endulzar una bureta con la solución de prueba. Tomar otra bureta y llenarla de agua.
- Pipetear 10 ml de Fehling A y 10 ml de Fehling B dentro de un Erlenmeyer de 400 ml.
- Colocar al Erlenmeyer sobre la plancha caliente, esto permite que la solución alcance el punto de ebullición y agregue cuatro gotas de azul de metileno.

- Iniciar la titulación agregando la solución de prueba en incrementos de 2ml y progresivamente ir reduciendo la adición por debajo de 0.2 ml intentando obtener el punto final de la valoración, cerca de un minuto después que la solución comenzó a ebullición. El punto final se obtiene por la ausencia del color azul y la aparición de un color rosa tenue, características del óxido cuproso.
- Nota1: Recomendaciones si el color azul de la solución desaparece, la muestra está muy concentrada y debe preparar una solución a menor concentración con un peso menor de la muestra y consecuentemente menor cantidad de EDTA que lo sugerido en la tabla. Si después de adicionar 50 ml (15 antes ebullición + 35 titulación) y el color azul no desaparece, es porque el contenido de azúcares invertidos es menor que 2 mg/ml. Es necesario que la solución de prueba este más concentrado y debe preparar una solución con un peso mayor de la muestra y consecuentemente más cantidad de EDTA que la expresada en la tabla 1.

Titulación Normal

- Agregar en otro Erlenmeyer 10 ml de Fehling A y 10 ml de Fehling B.
- Adicionar 1 0 2 ml menos que el volumen gastado en la titulación de prueba y suficiente agua para obtener 75 ml en volumen total. Se calcula de la siguiente manera.

$$V_{H2O} = 75 - 20_{Fehling} - (V_{prueba} - 2ml)$$

- Colocar el Erlenmeyer en la plancha de calentamiento. Después de dos minutos de ebullición agregar cuatro gotas de azul de metileno complete la titulación con incrementos de 0.1 ml hasta finalizar gota a gota. La titulación deberá ser completada al haber transcurrido un minuto con 5 segundos, dar un tiempo de ebullición total de 3 minutos.

5. Expresión de resultados

El contenido de azúcares reductores esta dado por la formula

$$\% \text{ Azúcares Reductores} = \frac{1000f}{V_i C_i} \cdot \frac{C_s V_s}{C_i}$$

Donde:

C_i : Es la concentración (g/ 100 ml) de la solución de la muestra d prueba

V_i : Es el volumen (ml) de la solución de prueba usado en la titulación

C_s : Es la concentración (g/100 ml) de la solución invertido agregado (si es necesario)

V_s : Es el volumen (ml/100 ml) de invertido agregado en la solución de prueba

F: Factor de correlación basado en la cantidad de sacarosa presente

A.5. Determinación de Dextrana en jugo primario y diluido

1. Principio del método

Este método mide la turbidez formada por polisacáridos del tipo Dextrana al añadir alcohol a un jugo o un jugo denso diluido.

El almidón soluble es destruido por incubación con una enzima apropiada. Se elimina la proteína mediante precipitación con ácido tricloroacético seguido por filtración con kieselguhr lavado al ácido. Se provoca la formación de la turbidez debido al dextrana diluyendo una alícuota de la solución tratada y filtrada en dos veces el volumen de la alícuota añadiendo etanol. Se mide la turbidez causada por el dextrana con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 720nm. El método se calibra con dextrana comercial.

2. Materiales y equipos

- a) Espectrofotómetro
- b) Agitador para matraces
- c) Balanza analítica con resolución hasta 0.1 mg.
- d) Cronómetro
- e) Matraces aforados -25 ml (ISO, clase A)
- f) Pipetas aforadas 1ml, 2ml, 5ml, 10ml
- g) Pipetas graduadas
- h) Embudo
- i) Pipeta de seguridad
- j) Embudo Buchner y matraz Kitasato
- k) Buretas
- l) Matraz Erlenmeyer
- m) Vaso precipitado
- n) Papel filtro (Whatman No.5 o equivalente)

3. Reactivos

a) Dextrano Patrón

Emplear Dextrana 110 o Dextrana 500 (Amersham Biosciences AB). Determinar su contenido de humedad por duplicado y con 2 decimales secando aproximadamente 2 g del sólido en una estufa a 105°C durante 3h. Anotar los pesos con resolución de 0.1 mg. Las determinaciones individuales deben estar dentro del 1% del valor medio del contenido de humedad.

b) Solución patrón de Dextrana, 2 mg/ml

Pesar rápidamente una cantidad de dextrana sin secar que contenga 0.4 g de Dextrana anhidrico, esto es:

$$Pesar = \frac{0.4 \times 100g}{100 - W_w}$$

De dextrana sin secar añadiendo 2 a 4 ml de agua hasta formar una pasta. Dejar reposar unos 10 minutos agitando ocasionalmente para que las partículas se hidraten uniformemente. Añadir más aguas en pequeñas

alícuotas mientras que la masa permanezca en forma de gel. Cuando se hayan añadido 50 ml y ya no haya gel, llevar el contenido a un matraz aforado de 200 ml con agua hasta un volumen aproximado de 100 ml. Colocar el matraz en un baño de agua fría hasta llegar a la temperatura ambiente, luego llenar con agua hasta el enrase. Preparar la solución patrón de dextrana diariamente y no guardar durante la noche.

c) Solución de ácido tricloroacético (TCA), 100 g en cada L

Disolver 20.0 ± 0.1 g de ácido tricloroacético en agua destilada y diluir hasta 200 ml. Este reactivo puede guardarse durante dos semanas, refrigerado y en frasco de color topacio.

d) Alcohol desnaturalizado absoluto (ADA)

Etanol absoluto con el $2.0 \pm 0.2\%$ de metanol y un contenido de agua menor de 0.5% m/m de metanol y un contenido de agua menor de 0.5% . Si son visibles partículas de materia en suspensión, filtrar por un papel de filtro Whatman No.5. Guardar este alcohol en un recipiente de cierre hermético.

e) Jugo Patrón

Emplear jugos no alterados y descongelados en períodos sin heladas y filtrados por un tamiz de malla fina, y emplear jugos densos. Controlar la turbidez que se forma al mezclar 12.5 ml de jugo/TCA preparados según el procedimiento descrito y diluido a 25 ml con alcohol desnaturalizado. La absorbancia no deberá ser mayor de 0.003 en una cubeta de 2 cm o 0.008 en una cubeta de 5 cm a 720 nm, leído frente a un blanco de 12.5 ml de jugo/TCA y diluida con agua destilada a 25 ml.

f) Kieselguhr lavada al ácido

Añadir 50 ± 5 g de kieselguhr a 1 L de agua destilada, añadir luego 50 ± 5 ml de ácido clorhídrico concentrado a la mezcla y agitar durante 5 minutos. Filtrar el kieselguhr por un embudo Buschner grande y lavar con agua destilada hasta que esté libre de ácido controlando las aguas de lavado con papel tornasol o un equivalente. Secar el kieselguhr lavada durante 6 h entre $96-100^\circ\text{C}$ y guardarlo en un recipiente cerrado.

4. Procedimiento para construir graficas de calibración

Preparación de patrones y del gráfico de calibración

Dibujar para cada categoría de jugo (eso es: jugo primario y jugo diluido) una curva de calibración diferente.

- Preparar en seis matraces aforados de 100 ml soluciones patrones como describe más abajo:
- Verter 50 ml de jugo patrón en cada uno de los matraces aforados. Añadir 0.1 ml de α -amilasa, mezclar y tapar los matraces con parafilm
- Colocar los matraces en un baño María de $55^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ y agitar durante 15 min ± 2 min.
- Enfriar los matraces en un baño de agua fría hasta 20°C , añadir 10 ml de TCA y de solución patrón de acuerdo con la tabla (soluciones patrones de dextrana) menos en el matraz 6.

- Enrasar el matraz No. 6 con agua destilada y mezclar agitándolo. Esta es la solución del blanco.
- Verter la solución en un vaso de precipitado de 150 ml. Añadir dos cucharaditas colmadas (6-8 g) de kieselguhr lavado al ácido y mezclar bien. Filtrar la mezcla por un embudo Buchner de 5.5 cm o papel filtro Whatman No.5 a vacío, empleando los primeros 10 a 15 ml para lavar el embudo y el matraz.
- Por medio de una bureta de 25 ml, añadir 12.5 ml de filtración a cada uno de dos matraces aforados de 25 ml limpios y secos.
- Por medio de una bureta de 25 ml, añadir 12.5 ml del filtrado a cada uno de dos matraces aforados de 25 ml limpios y secos.
- Por medio de una bureta de 25 ml, verter lentamente ADA hasta enrase de 25 ml del primer matraz agitándolo cuidadosamente. El tiempo de adición del alcohol deberá estar entre 30 y 60 segundos. Mezclar el contenido de matraz invertido tres veces cuidadosamente. Poner en marcha el cronometro inmediatamente después de terminar la agitación.
- Leer y registrar las correcciones de las cubetas a 720 nm de dos cubetas apareadas de 2.05 cm empleando agua destilada.
- Unos 17 a 18 min después de haber concluido el proceso de mezcla, lavar una cubeta tres veces con la solución patrón y llenarla luego. Limpiar las caras ópticas de la cubeta con un paño suave y asegurarse que no haya estrías.
- Después de 20 ± 10 segundos de haber concluido el proceso de mezclar, leer y registrar la absorbancia de la solución sometida a ensayo a 720 nm con una resolución de 0.001 frente al blanco.
- Repetir los dos últimos pasos para cada patrón de dextrana. No hace falta rellenar la cubeta con la disolución del blanco para cada determinación.
- Repetir el procedimiento de estandarización del dextrana con otro grupo de soluciones patrón de dextrana preparadas recientemente.
- Calcular la concentración efectiva de dextrana en cada matraz con la tabla (soluciones patrones de dextrana) empleando la humedad del dextrano y el peso efectivo tomado.

humedad de Dextrana en % =12.16
masa de Dextrana no secado igual a 0.4 g seco en g....	=0.4517
masa efectiva de Dextrana en g	...=0.45605
Concentración en el matraz No.5 en mg/L	=600x 0.4605
	=604.5

Aplicar la corrección de la cubeta a la absorbancia de cada solución patrón. Presentar a través de un gráfico la concentración efectiva de Dextrana (mg/L) frente a la absorbancia corregida para cada patrón y dibujar la curva que mejor se ajuste. El gráfico de calibración deberá ser casi lineal a concentración alta de Dextrana.

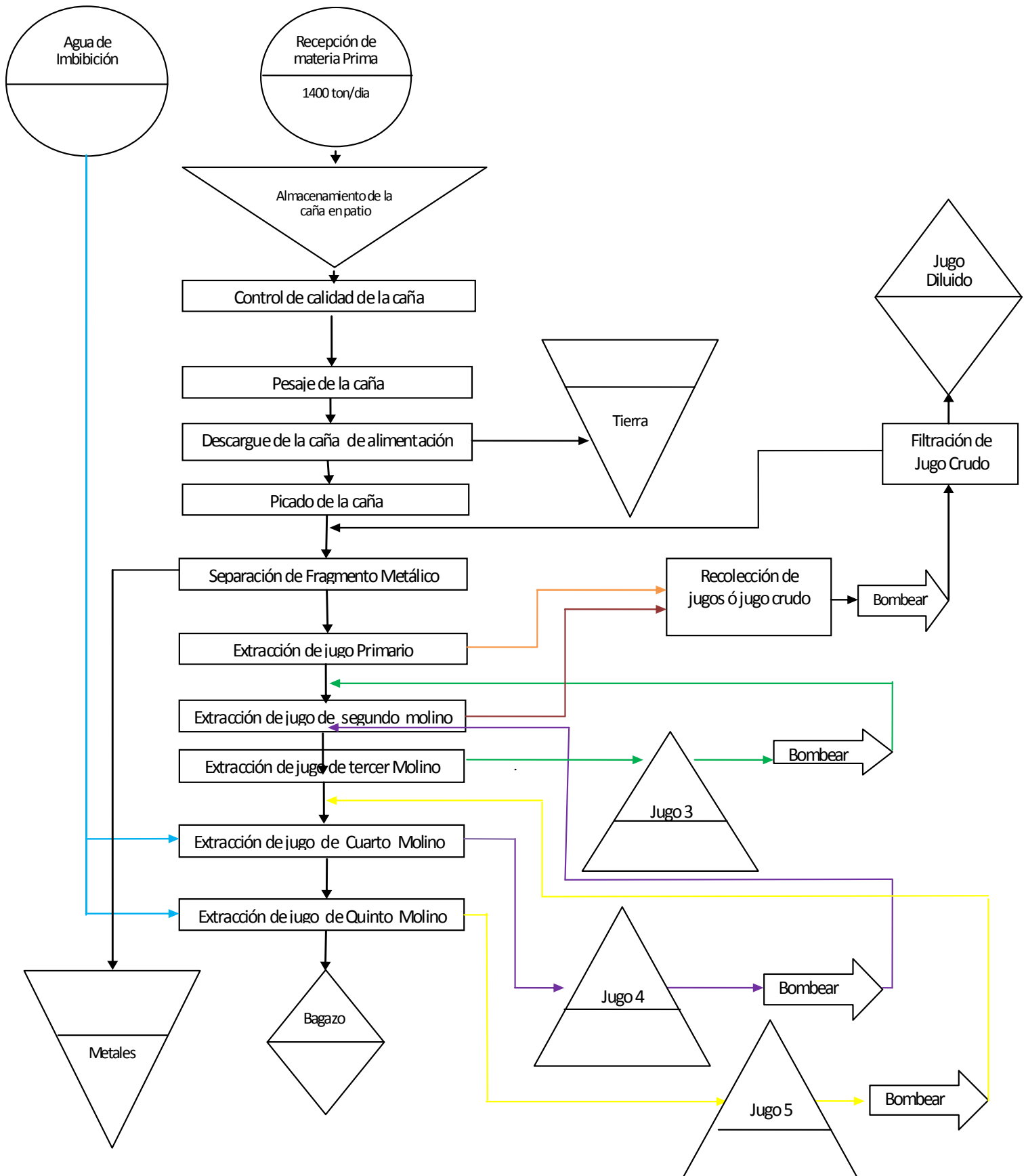
Los puntos individuales deberán encontrarse dentro del 5% del valor de absorbancia de la curva de ajuste a concentraciones bajas y dentro del 3% a concentraciones altas.

5. Determinación de Dextrana en jugo primario y diluido

- Pasar el jugo por un tamiz de malla fina para eliminar huellas de bagazo. Verte 50 ml de jugo tamizado en un matraz aforado de 100 ml.
- Añadir 10 ml de la enzima α -amilasa. Mezclar el contenido bien y tapar el matraz. Colocar el matraz en un baño de agua agitado a 55 ± 5 °C durante 15 ± 2 min. Enfriar el matraz en un baño de agua fría hasta 20 °C.
- Añadir 10 ± 0.1 ml de solución TCA desde un dispensador, llenar hasta el enrase, tapar y mezclar bien.
- Verter la solución en un vaso de precipitación de 150 ml. Añadir dos cucharaditas de colmadas (6-8g) de kieselguhr lavado al ácido y mezclar bien. Filtrar la mezcla por un embudo Buchner de 5.5 cm (papel filtro whatman No.5) a vacío, empleando los primeros 10 a 15 ml para lavar el embudo y el matraz.
- Por medio de una bureta de 50 ml, verter lentamente ADA hasta el enrase del matraz de 25 ml y agitar cuidadosamente. El tiempo de para la adición del alcohol deberá estar entre 30 y 60 segundos. Mezclar el contenido del matraz invertido cuidadosamente tres veces. Poner en marcha el cronómetro inmediatamente después de concluir el proceso de mezclado.
- Añadir al otro matraz agua destilada hasta el enrase de 25 ml y mezclar. Este es el ensayo en blanco.
- Determinar la corrección de la cubeta a 720 nm de dos células apareadas empleando agua destilada.
- Unos 17 a 18 min después de concluir el proceso del mezclado lavar la cubeta de referencia tres veces con la solución del blanco y luego llenarla. De la misma manera, lavar y llenar la otra cubeta con la solución a analizar.

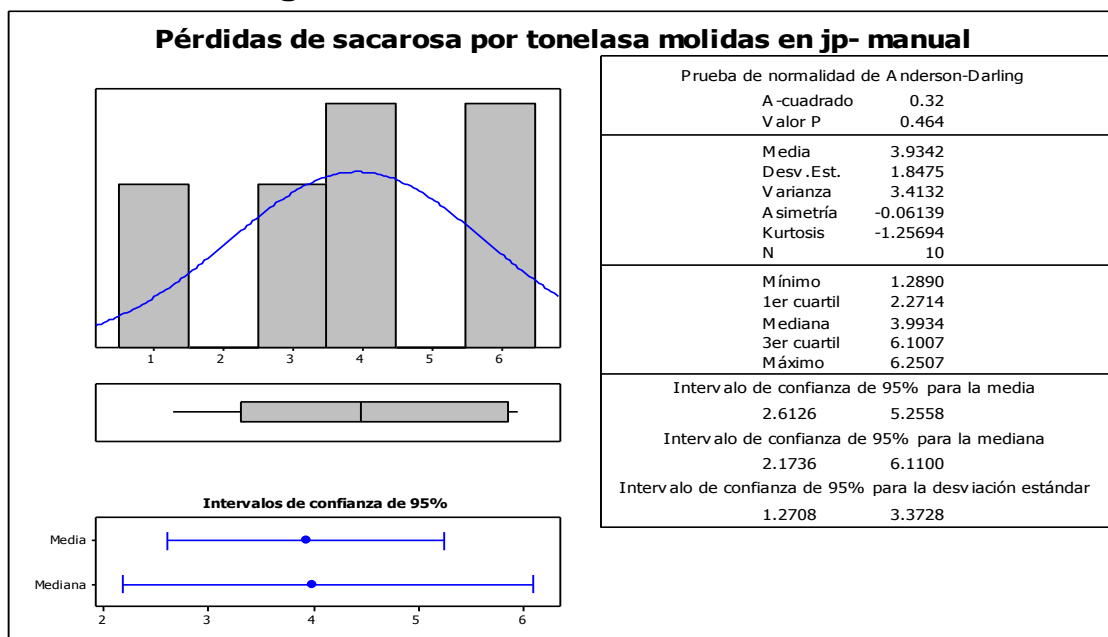
Matraz No	Jugo Ml	Solución de ácido tricloroacético Ml	Solución patrón dextrana 2 mg/ml	Agua destilada Ml	Concentración de dextrana mg/L
1	50	10	0.0	40	0
2	50	10	2.5	37.5	100
3	50	10	5.0	35	200
4	50	10	10.0	30	400
5	50	10	15.0	25	600
6	50	10			Blanco

B. Flujograma del proceso de extracción de jugo de caña de azúcar para la obtención de sacarosa



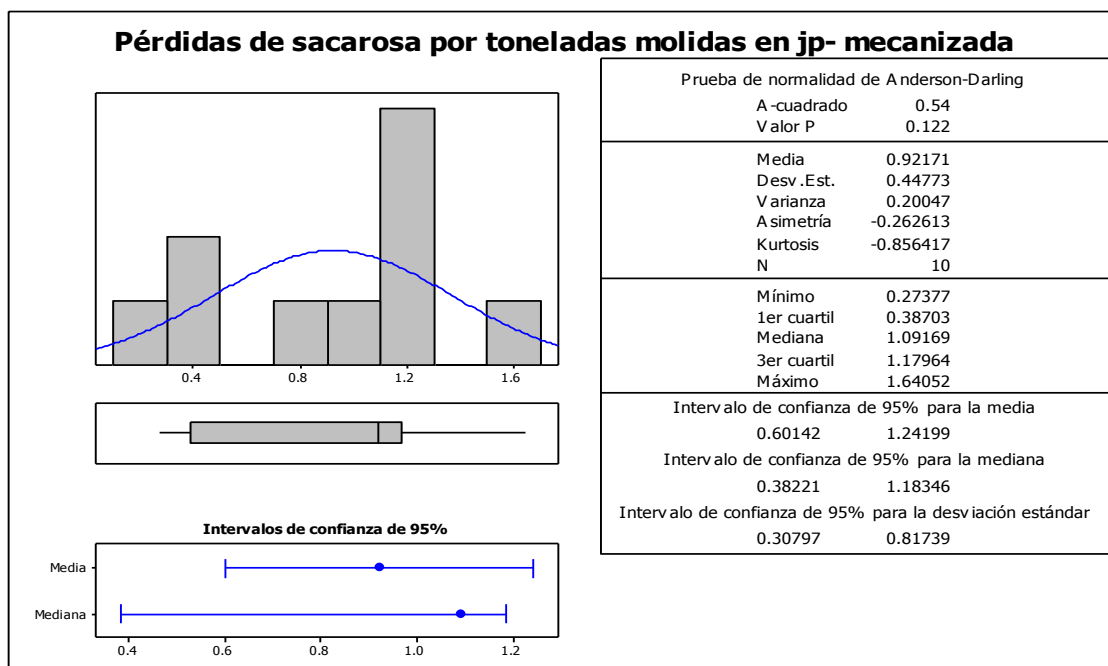
C. Histogramas de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en libras por toneladas cortas métricas de caña molida (lb/tcm) sin aplicación de bactericida Magnacide D.

C.1. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en lb/130.79 tcm del corte manual para el jugo primario sin aplicación de bactericida Magnacide D



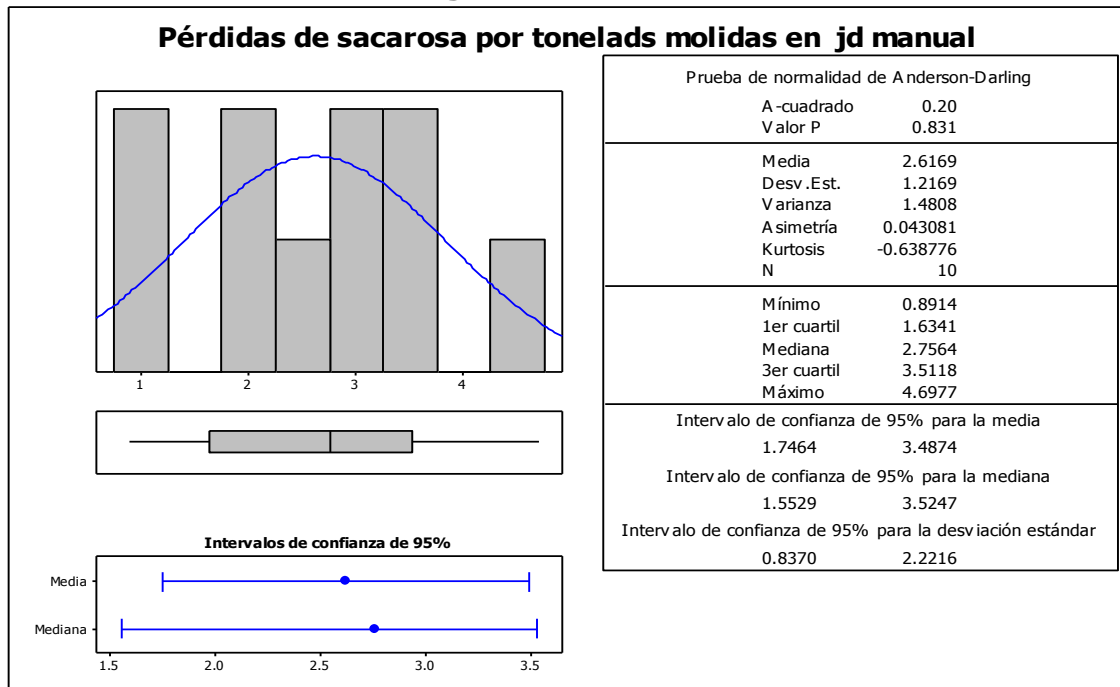
Fuente: Minitab 16

C.2. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (% AR) en lb/153.22 tcm del corte mecanizado para el jugo primario sin aplicación de bactericida Magnacide D



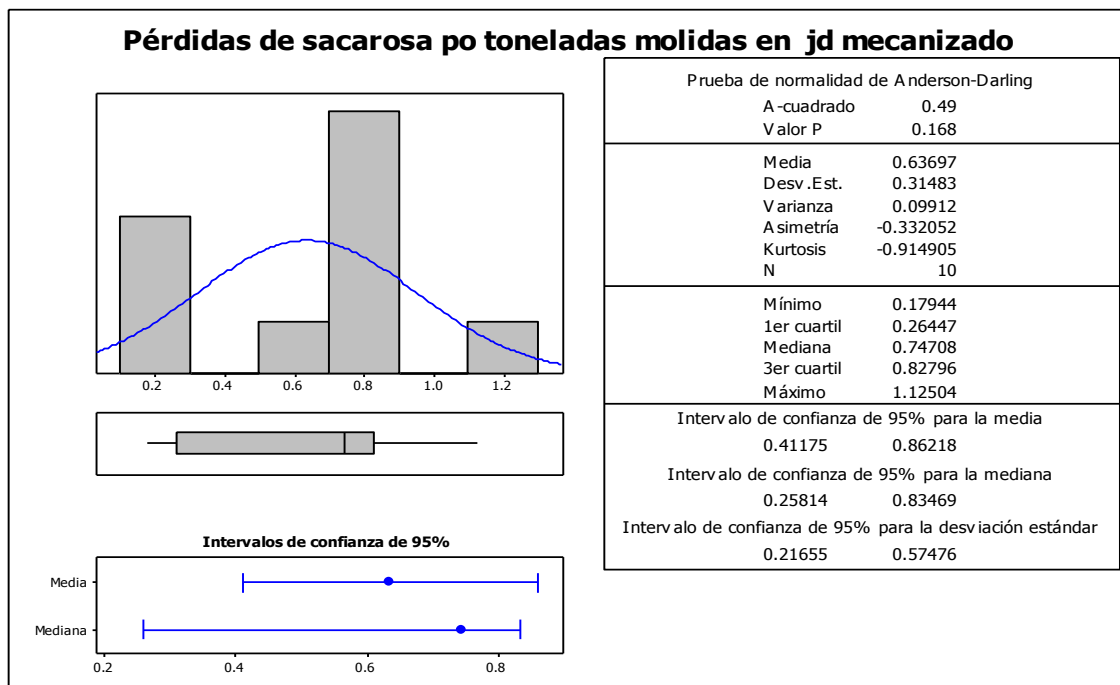
Fuente: Minitab 16

C.3. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en lb/130.79 tcm del corte manual para el jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D



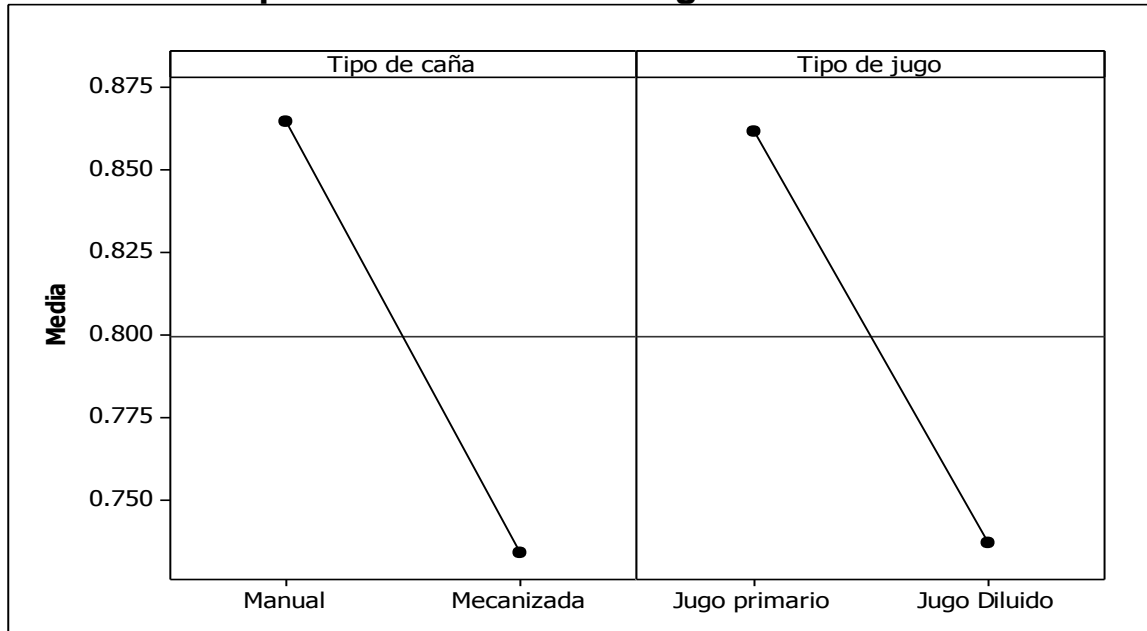
Fuente: Minitab 16

C.4. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de azúcares reductores (%AR) en lb/153.22 tcm del corte mecanizado para el jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

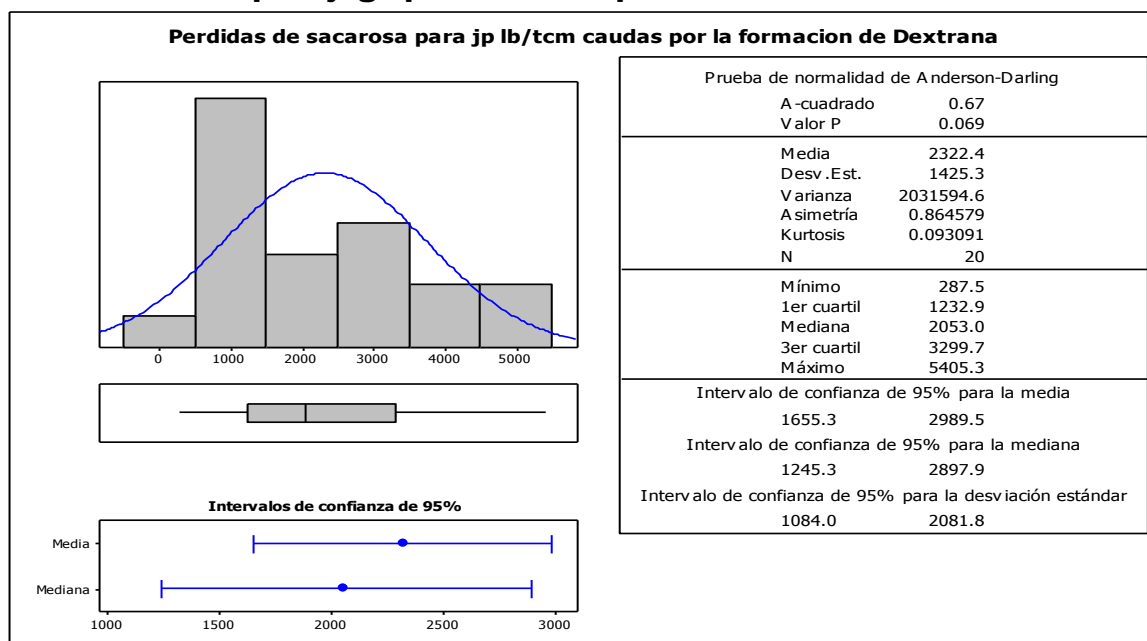
C.5. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por formación de azúcares reductores sin aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

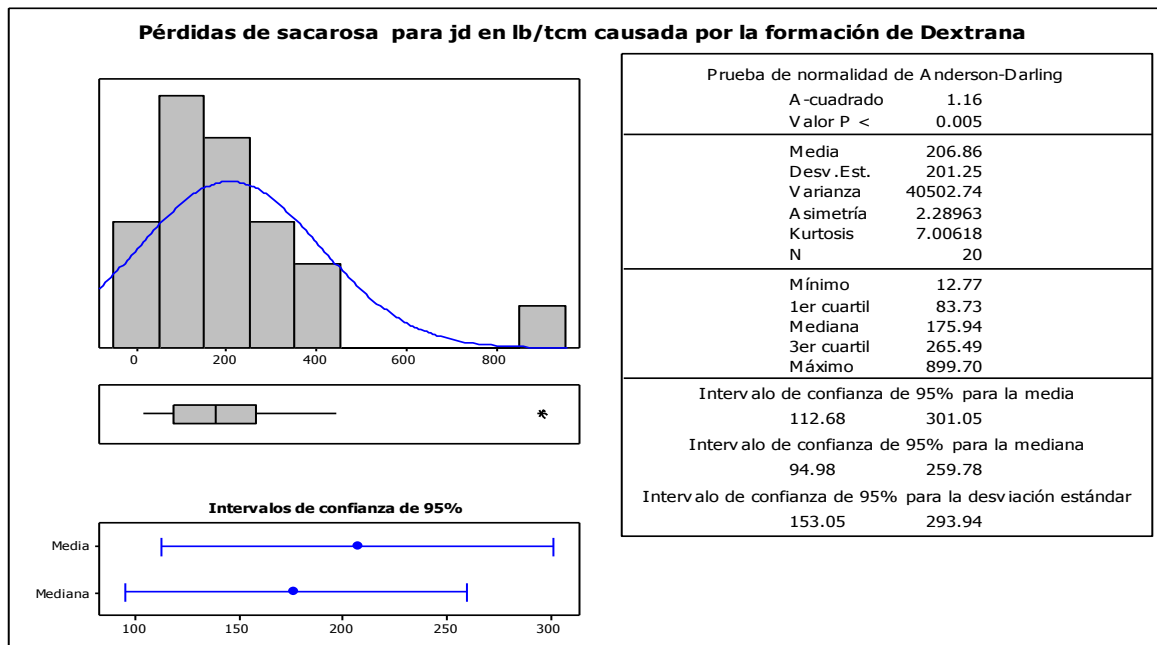
D. Histogramas de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en toneladas métricas cortas de caña molida (lb/tcm) sin aplicación de bactericida Magnacide D

D.1. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en lb/142.01 tcm para jugo primario sin aplicación de bactericida



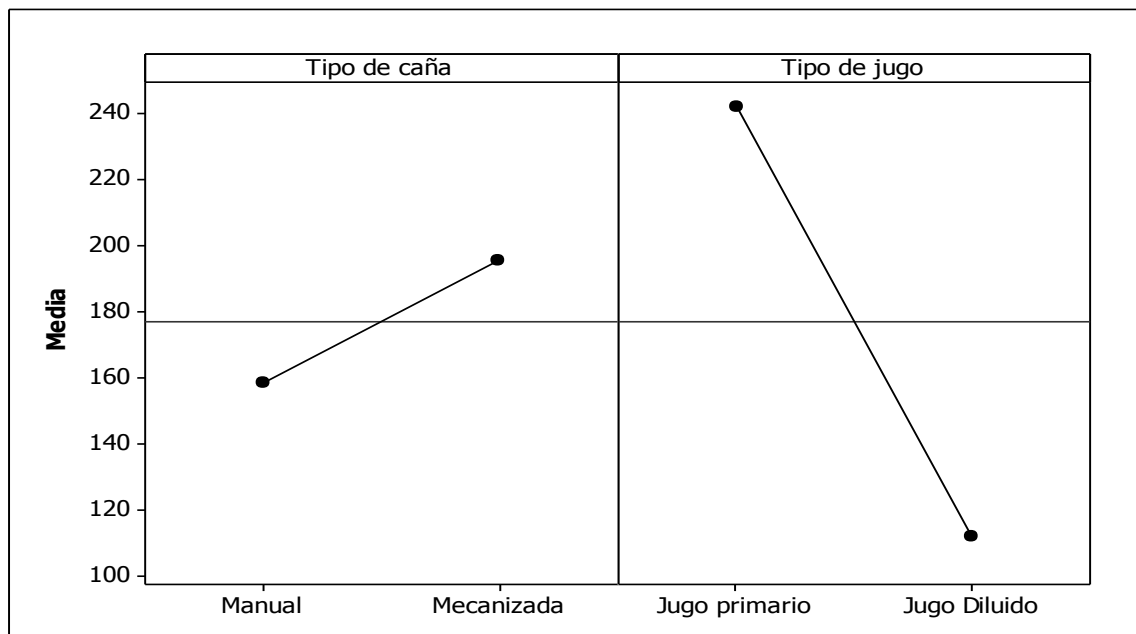
Fuente: Minitab 16

D.2. Histograma de pérdidas totales de sacarosa por formación de Dextrana en lb/142.01 tcm para jugo diluido sin aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

D.3. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por formación de Dextrana sin aplicación de bactericida Magnacide D.

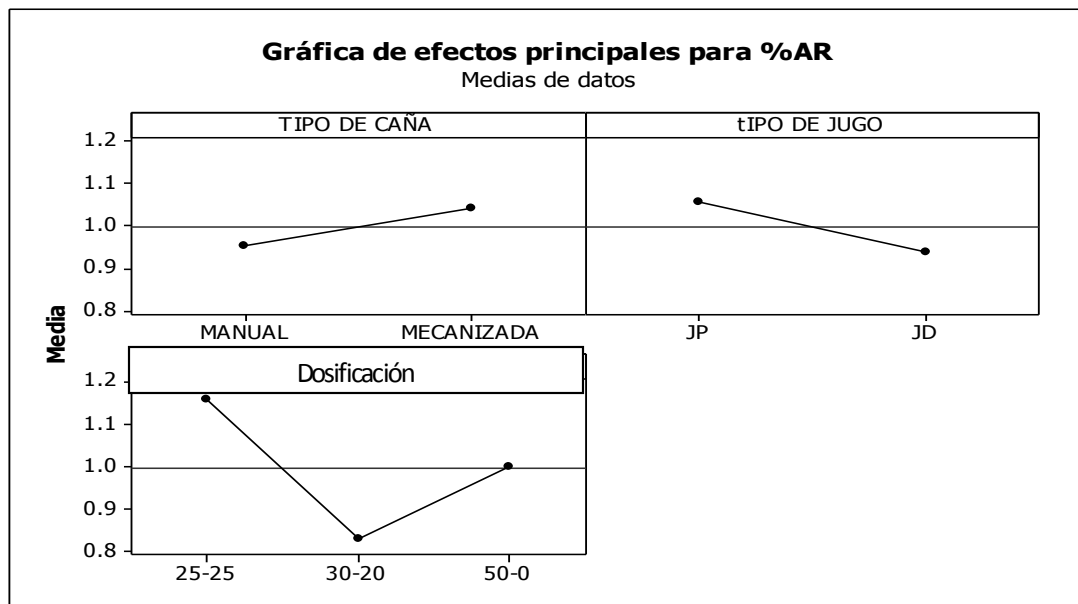


Fuente: Minitab 16

E. Gráficos de efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa con aplicación de bactericida Magnacide D.

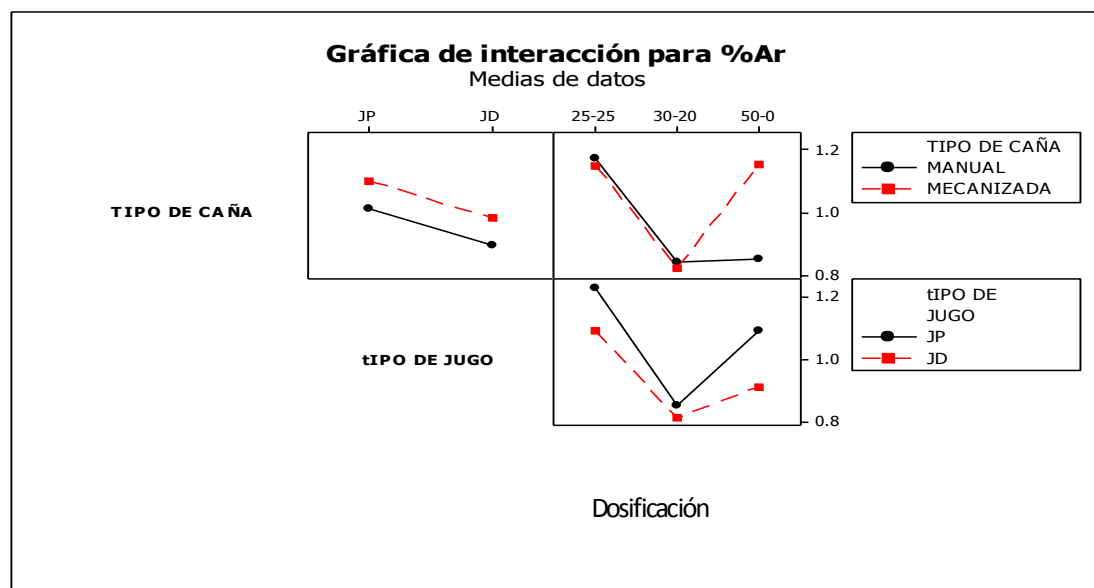
E.1. Efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa por inversión ácida con aplicación de bactericida Magnacide D

E.1.1. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión ácida por formación de azúcares reductores (%AR) con bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

E.1.2. Iteración de pérdidas de sacarosa por inversión ácida por formación de azúcares reductores (%AR) con aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

E.1.3. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 123.23 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g. de AR.	Gramos de AR por kg. de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
1	MQ-jp	20.21	1.53	494.80	3.09	2.94	0.05	126	6.29 lb
2	MQ-jp	15.59	0.8	641.44	1.25	1.18	0.02	106.03	2.14 lb
3	MQ-jp	18.4	1.14	543.48	2.10	1.99	0.03	64.65	2.19 lb
4	MQ-jp	11.85	1.53	843.88	1.81	1.72	0.03	126.3	3.70 lb

E.1.4. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 123.23 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jd que contienen los g. de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
5	MQ-jd	14.25	1.28	701.75	1.82	1.73	0.03	125	3.68 lb
6	MQ-jd	15.37	0.80	650.62	1.23	1.17	0.02	128.85	2.56 lb
7	MQ-jd	14.53	1.02	688.23	1.48	1.41	0.02	142.7	3.42 lb
8	MQ-jd	9.63	1.27	1038.42	1.22	1.16	0.02	96.39	1.90 lb

E.1.5. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 134.51 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g. de AR.	Gramos de AR por kg. de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
9	MV-jp	17.64	0.50	566.89	0.88	0.84	0.01	136.68	1.95 lb
10	MV-jp	15.73	1.53	635.73	2.41	2.29	0.04	268.2	10.42 lb
11	MV-jp	22.23	0.98	449.84	2.18	2.07	0.04	120	4.22 lb
12	MV-jp	18.63	1.83	536.77	3.41	3.24	0.06	76.21	4.20 lb

E.1.6. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 134.51 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 25-25 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g. de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
13	MV-jd	15.07	0.48	663.57	0.72	0.69	0.01	144.41	1.69 lb
14	MV-jd	12.29	1.28	813.67	1.57	1.49	0.03	116.53	2.96 lb
15	MV-jd	17.53	0.9	570.45	1.58	1.50	0.03	136.84	3.49 lb
16	MV-jd	14.34	1.69	697.35	2.42	2.30	0.04	140.29	5.49 lb

E.1.7. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
17	MQ-jp	15.15	1	660.07	1.52	1.44	0.01	163.2	0.94 lb
18	MQ-jp	19.82	1.02	504.54	2.02	1.92	0.01	132.2	1.02 lb
19	MQ-jp	19.73	0.90	506.84	1.78	1.69	0.01	224.46	1.51 lb
20	MQ-jp	19.72	0.49	507.10	0.97	0.92	0.00	138.95	0.51 lb

E.1.8. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
21	MQ-jd	11.68	1.25	856.16	1.46	1.39	0.01	10	0.06 lb
22	MQ-jd	14.87	0.86	672.49	1.28	1.21	0.00	26.5	0.13 lb
23	MQ-jd	16.04	0.80	623.44	1.28	1.22	0.00	48	0.23 lb
24	MQ-jd	14.05	0.40	711.74	0.56	0.53	0.00	38	0.08 lb

E.1.9. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
25	MV-jp	15.71	1.12	636.54	1.76	1.67	0.01	225	1.50 lb
26	MV-jp	13.08	0.9	764.53	1.18	1.12	0.00	167.13	0.75 lb
27	MV-jp	21.83	0.68	458.09	1.48	1.41	0.01	181.2	1.02 lb
28	MV-jp	14.82	0.69	674.76	1.02	0.97	0.00	68.42	0.27 lb

E.1.10. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 30-20 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
29	MV-jd	14.14	1.1	707.21	1.56	1.48	0.01	51	0.30 lb
30	MV-jd	10.62	0.81	941.62	0.86	0.82	0.00	135	0.44 lb
31	MV-jd	15.97	0.68	626.17	1.09	1.03	0.00	126	0.52 lb
32	MV-jd	12.29	0.60	813.67	0.74	0.70	0.00	35	0.10 lb

E.1.11. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 128.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR. presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
33	MQ-jp	20.5	0.69	487.80	1.41	1.34	0.01	126.91	0.68 lb
34	MQ.jp	16.71	0.9	598.44	1.50	1.43	0.01	13:55	0.95 lb
35	MQ.jp	19.12	1.267	523.01	2.42	2.30	0.01	17:02	0.50 lb
36	MQ.jp	18.93	0.9	528.26	1.70	1.62	0.01	188.33	1.22 lb

E.1.12. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 128.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR. presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jd
37	MQ-jp	13.75	0.59	727.27	0.81	0.77	0.00	126.91	0.39 lb
38	MQ.jp	12.77	0.73	783.09	0.93	0.89	0.00	13:55	0.59 lb
39	MQ.jp	14.11	1.03	708.72	1.46	1.38	0.01	17:02	0.30 lb
40	MQ.jp	13.85	0.71	722.02	0.98	0.93	0.00	188.33	0.70 lb

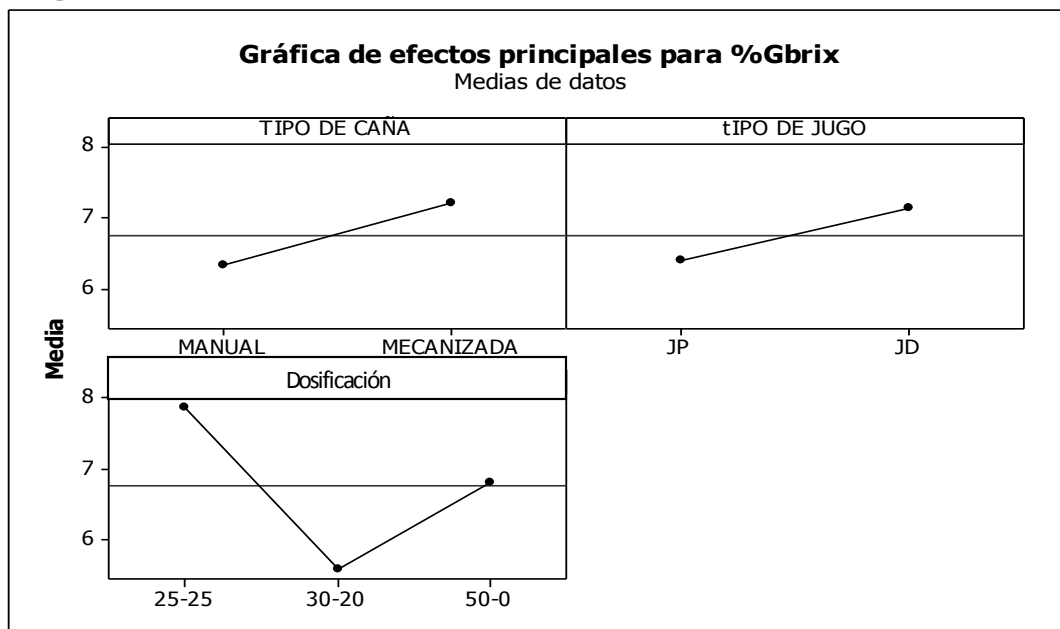
E.1.13. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 127.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR. presente en la muestra jp por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jp	Kg de sacarosa por tmc de jp	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa en lb por toneladas totales molidas en el jp
41	MV-jp	15.85	1.14	630.91	1.81	1.72	0.01	147.63	1.01 lb
42	MV-jp	14.58	0.9	685.87	1.31	1.25	0.00	243.6	1.21 lb
43	MV-jp	14.48	2.15	690.61	3.11	2.96	0.01	178.62	2.11 lb
44	MV-jp	16.85	0.79	593.47	1.33	1.26	0.01	168	0.85 lb

E.1.14. Pérdidas de sacarosa totales en libra por las 127.11 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido con la dosificación de 50-0 ml/min de Magnacide D para azúcares reductores (%AR)

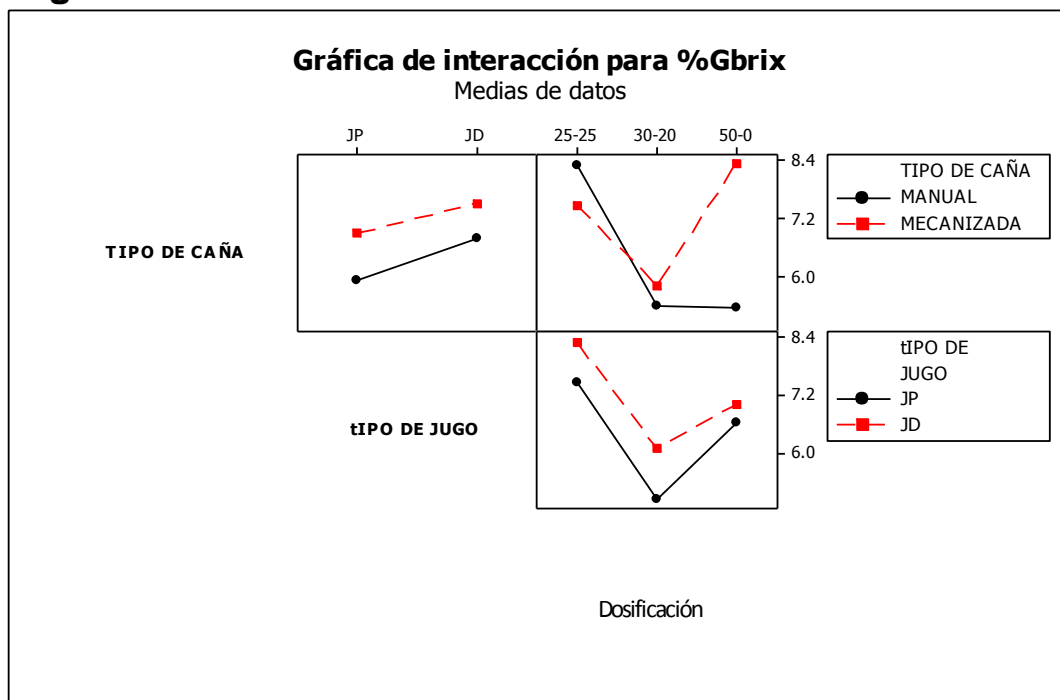
N.o de muestra	Tipo de corte y tipo de jugo	Brix	g. de AR. presente en la muestra jd por cada 100 g de sacarosa	g. de jp que contienen los g.de AR.	Gramos de AR por kg de jd	Kg de sacarosa por tmc de jd	Pérdidas de sacarosa en lb/tcm de jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jd
45	MV-jp	14.05	1.03	711.74	1.45	1.37	0.01	147.63	0.81 lb
46	MV-jp	12.4	0.80	806.45	0.99	0.94	0.00	243.6	0.92 lb
47	MV-jp	11.9	1.80	840.34	2.14	2.03	0.01	178.62	1.45 lb
48	MV-jp	12.46	0.60	802.70	0.75	0.71	0.00	168	0.48 lb

E.1.15. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión acida debido a la formación de glucobrix (%Gbrix) con aplicación de bactericida Magnacide D



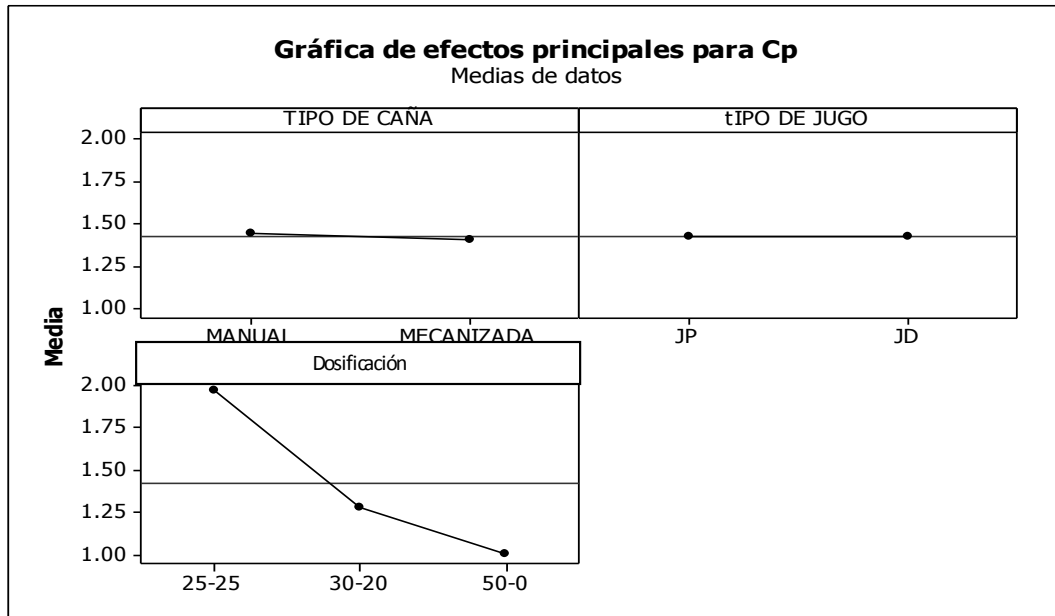
Fuente: Minitab 16

E.1.16. Iteraciones de pérdidas de sacarosa por inversión acida debido a la formación de porcentaje de glucobrix (%Gbrix) con aplicación de bactericida Magnacide D



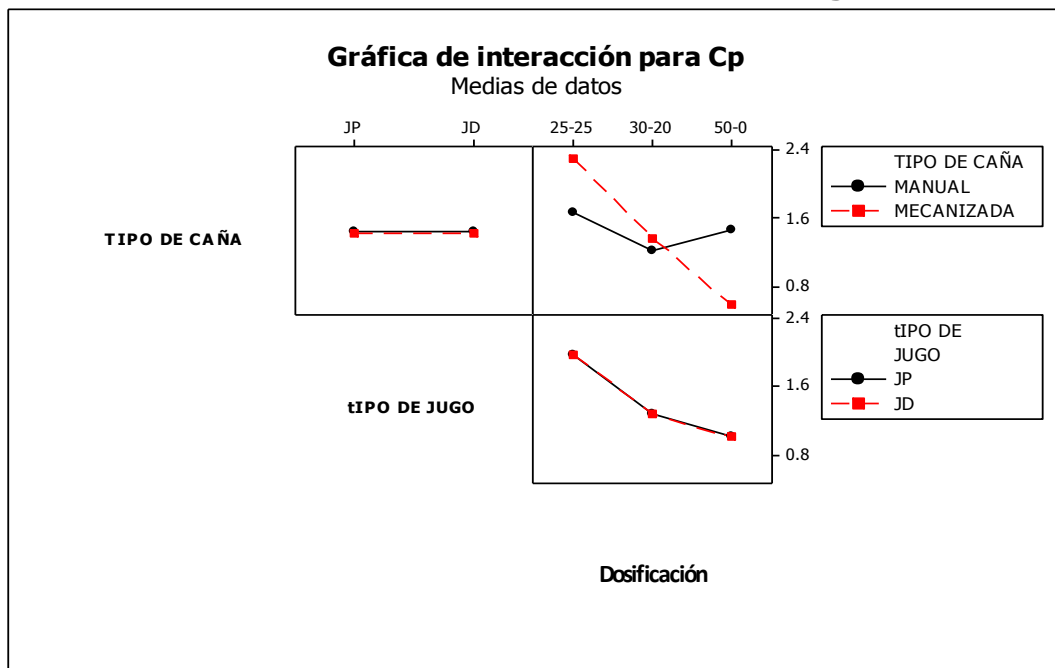
Fuente: Minitab 16

E1.17 Efectos principales de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la caída de pureza (Cp) con aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

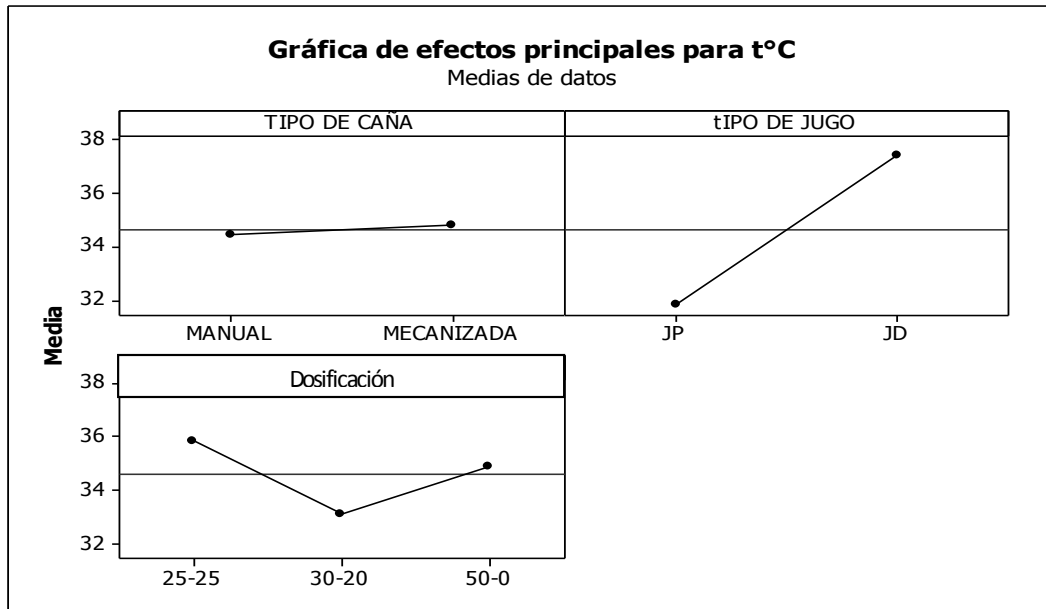
E1.18. Iteración de pérdidas de sacarosa por inversión ácida debido a la caída de pureza (Cp) con aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

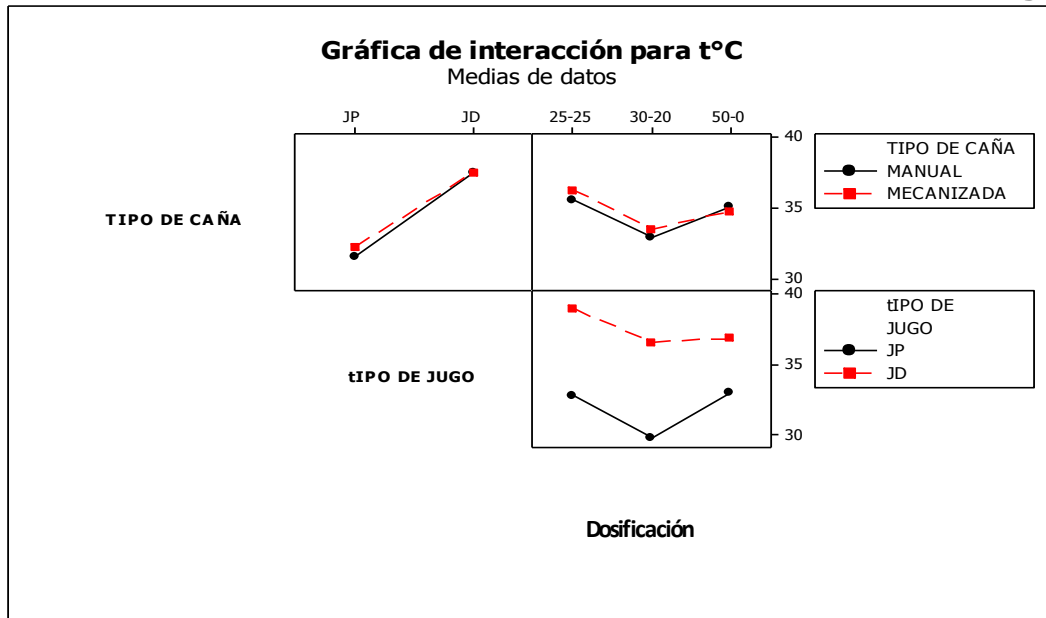
E.2. Efectos principales e iteraciones de pérdidas de sacarosa por carga microbiana con aplicación de bactericida Magnacide D

E.2.1. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a influencia de la temperatura (t°C) con aplicación de bactericida Magnacide D



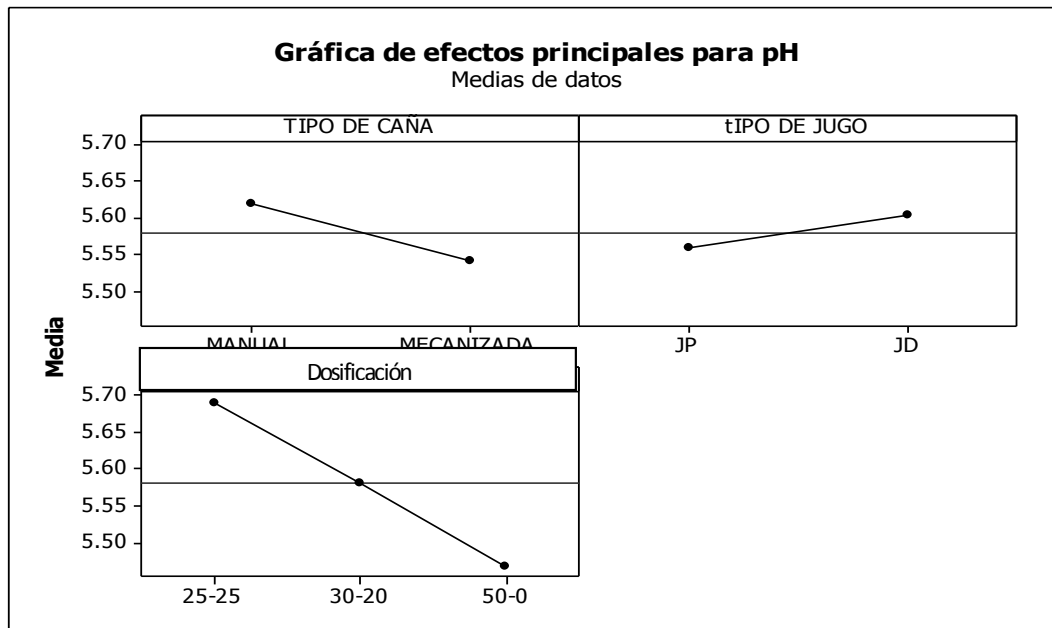
Fuente: Minitab 16

E.2.2. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la influencia de la temperatura (t°C) con aplicación de bactericida Magnacide D



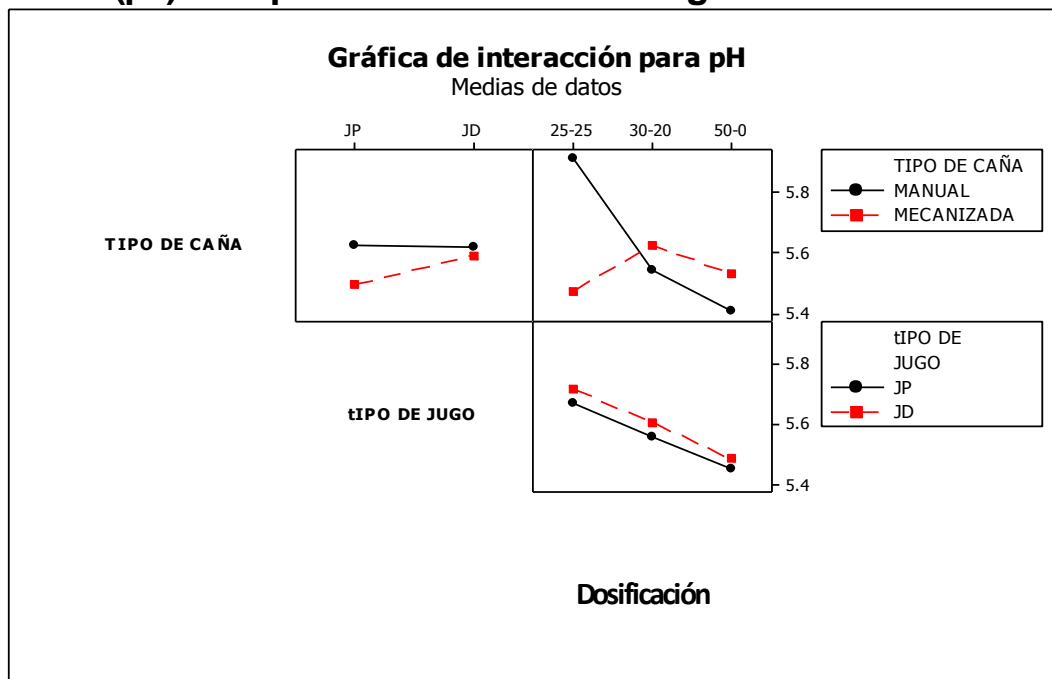
Fuente: Minitab 16

E.2.3. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la acidez (pH) con aplicación de bactericida Magnacide D



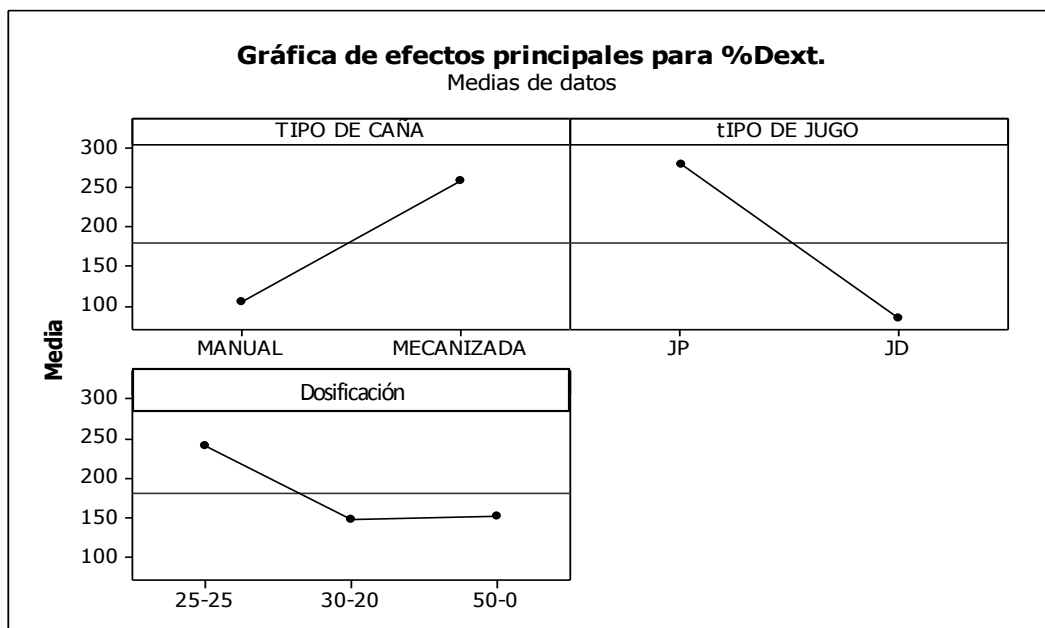
Fuente: Minitab 16

E.2.4. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la acidez (pH) con aplicación de bactericida Magnacide D



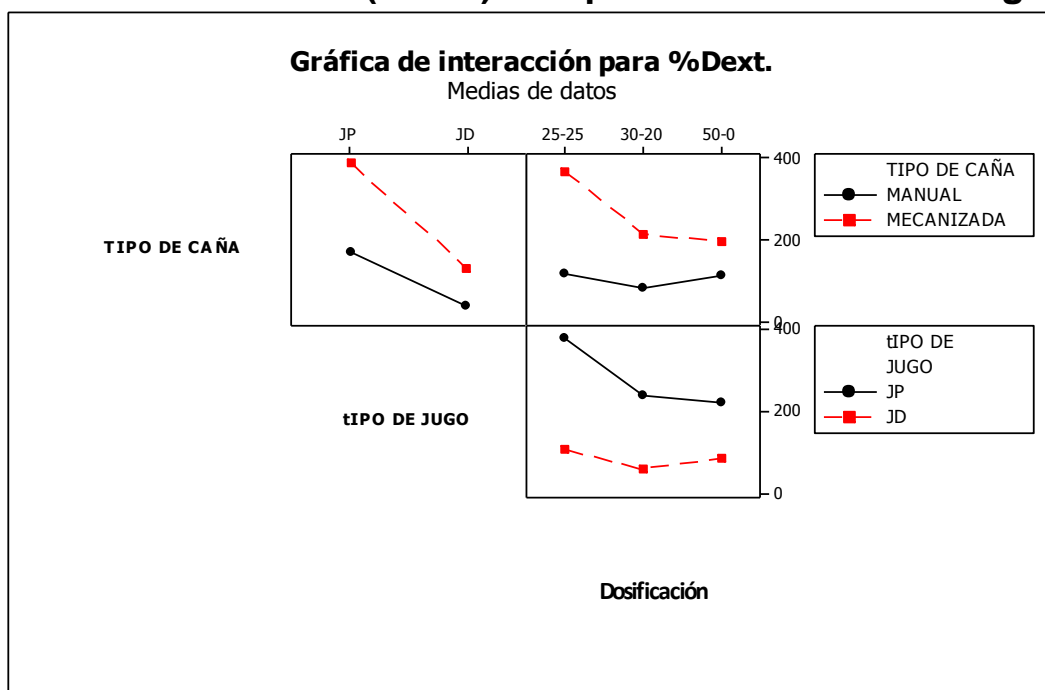
Fuente: Minitab 16

E.2.5. Efectos principales de pérdidas de sacarosa por carga microbiana por la formación de Dextrana (%Dext.) con aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

E.2.6. Iteración de pérdidas de sacarosa por carga microbiana por la formación de Dextrana (%Dext.) con aplicación de bactericida Magnacide D



Fuente: Minitab 16

E.2.7. Pérdidas de sacarosa en libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo primario (lb/140.95 tcm-MQ-jp) con aplicación de Magnacide D por formación de dextrana (%Dext.)

No. de muestra	Tipo de jugo y tipo de caña	Concen Tración (ml).	Gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jp	Brix –jp	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jp	Gramos de dextrano por kilogramo de jp	Gramos de sacarosa metabolizado en la formación de dextrano jp	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jp
1	jp-manual	25-25	98	20.21	494.80	197.05	415.99	7.07	126	891.05 lb
2	jp-manual	25-25	98	15.59	641.44	152.00	320.89	5.46	106.03	578.41 lb
3	jp-manual	25-25	498	18.4	543.48	915.40	1932.51	32.85	64.65	2123.93lb
4	jp-manual	25-25	173	11.85	843.88	204.41	431.54	7.34	126.3	926.55 lb
5	jp-manual	30-20	48	15.15	660.07	71.96	151.92	2.58	163.2	421.49 lb
6	jp-manual	30-20	60	19.82	504.54	118.92	251.05	4.27	132.2	564.22 lb
7	jp-manual	30-20	85	19.73	506.84	167.71	354.04	6.02	224.46	1350.97lb
8	jp-manual	30-20	348	19.72	507.10	685.27	1446.68	24.59	138.95	3417.28lb
9	jp-manual	50-0	98	20.5	487.80	199.88	421.96	7.17	126.91	910.36 lb
10	jp-manual	50-0	148	16.71	598.44	246.47	520.33	8.85	13:55	1464.6 lb
11	jp-manual	50-0	60	19.12	523.01	114.72	242.19	4.12	17:02	225.25 lb
12	jp-manual	50-0	323	18.93	528.26	610.49	1288.82	21.91	188.33	4126.29lb

E.2.8. Pérdidas de sacarosa en libras por las 140.95 toneladas métricas corta de caña molida de corte manual para el jugo diluido (lb/140.95 tcm-MQ-jd) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.)

No. de muestra	Tipo de jugo y tipo de caña	Conce tración. (ml)	Gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jd	Brix – jd	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jd	Gramos de dextrano por kilogramo de jd	Gramos de sacarosa metabolizado en la formación de dextrano jd	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jd
1	jd-manual	25-25	23.5	14.25	701.75	33.49	70.70	0.28	126	35.63 lb
2	jd-manual	25-25	16.0	15.37	650.62	24.59	51.92	0.21	106.03	22.02 lb
3	jd-manual	25-25	6	14.53	688.23	8.72	18.40	0.07	64.65	4.76 lb
4	jd-manual	25-25	10	9.63	1038.42	9.63	20.33	0.08	126.3	10.27 lb
5	jd-manual	25-25	10	11.68	856.16	11.68	24.66	0.10	163.2	16.10 lb
6	jd-manual	25-25	26.5	14.87	672.49	39.41	83.19	0.33	132.2	43.99 lb
7	jd-manual	25-25	48	16.04	623.44	76.19	160.85	0.64	224.46	144.41 lb
8	jd-manual	25-25	38	14.05	711.74	52.69	111.23	0.44	138.95	61.82 lb
9	jd-manual	25-25	72.5	13.75	727.27	99.69	210.45	0.84	126.91	106.83 lb
10	jd-manual	25-25	110	12.77	783.09	140.47	296.55	1.19	13:55	196.41 lb
11	jd-manual	25-25	60	14.11	708.72	84.66	178.73	0.71	17:02	39.11 lb
12	jd-manual	25-25	22.5	13.85	722.02	31.16	65.79	0.26	188.33	49.56 lb

E.2.9. Pérdidas de sacarosa en libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo primario (lb/ 131.72 tcm-MV-jp) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.)

No. de muestra	Tipo de jugo y tipo de caña	Conce Tración (ml)	Gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jp	Brix – jp	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jp	Gramos de dextrano por kilogramo de jp	Gramos de sacarosa metabolizado en la formación de dextrano jp	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jp	Toneladas de caña a moler jp	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jp
1	jp-mecanizada	25-25	135	17.64	566.89	238.14	502.74	8.55	136.68	1168.15lb
2	jp-mecanizada	25-25	1398	15.73	635.73	2198.27	4640.79	78.89	268.2	21159.20lb
3	jp-mecanizada	25-25	60	22.23	449.84	133.38	281.58	4.79	120	574.42lb
4	jp-mecanizada	25-25	560	18.63	536.77	1043.28	2202.48	37.44	76.21	2853.47 lb
5	jp-mecanizada	30-20	310	15.71	636.54	487.01	1028.13	17.48	225	3932.61 lb
6	jp-mecanizada	30-20	177	13.08	764.53	231.52	488.76	8.31	167.13	1388.66 lb
7	jp-mecanizada	30-20	395	21.83	458.09	861.19	1818.08	30.91	181.2	5600.40 lb
8	jp-mecanizada	30-20	485	14.82	674.76	718.77	1517.40	25.80	68.42	1764.95 lb
9	jp-mecanizada	50-0	848	15.85	630.91	1343.29	2835.83	48.21	147.63	7117.11 lb
10	jp-mecanizada	50-0	160	14.58	685.87	233.28	492.48	8.37	243.6	2039.46 lb
11	jp-mecanizada	50-0	60	14.48	690.61	86.88	183.41	3.12	178.62	556.94 lb
12	jp-mecanizada	50-0	73	16.85	593.47	122.16	257.90	4.38	168	736.56 lb

E.2.10. Pérdidas de sacarosa en libras por las 131.72 toneladas métricas corta de caña molida de corte mecanizado para el jugo diluido (lb/ 131.72tcm-MQ-jd) con aplicación de Magnacide D por formación de Dextrana (%Dext.)

No. de muestra	Tipo de jugo y tipo de caña	Conce tración (ml)	Gramos de dextrano por cada 100 gramos de sacarosa jd	Brix – jd	Pérdidas en libra de sacarosa por tonelada corta de caña jd	Gramos de dextrano por kilogramo de jd	Gramos de sacarosa metabolizado en la formación de dextrano jd	Pérdidas de sacarosa en la formación del polímero dextrano en lb/tcm jd	Toneladas de caña a moler jd	Pérdidas de sacarosa totales por toneladas molidas en el jd
1	jd-mecanizada	25-25	30	15.07	663.57	45.21	95.44	0.38	136.68	52.18 lb
2	jd-mecanizada	25-25	585	12.29	813.67	718.97	1517.82	6.07	268.2	1628.31lb
3	jd-mecanizada	25-25	23.5	17.53	570.45	41.20	86.97	0.35	120	41.74 lb
4	jd-mecanizada	25-25	148	14.34	697.35	211.52	446.53	1.79	76.21	136.12 lb
5	jd-mecanizada	30-20	51	14.14	707.21	72.11	152.24	0.61	225	137.02 lb
6	jd-mecanizada	30-20	135	10.62	941.62	143.37	302.67	1.21	167.13	202.34 lb
7	jd-mecanizada	30-20	126	15.97	626.17	201.22	424.80	1.70	181.2	307.90 lb
8	jd-mecanizada	30-20	35	12.29	813.67	43.02	90.81	0.36	68.42	24.85 lb
9	jd-mecanizada	50-0	222.5	14.05	711.74	312.61	659.96	2.64	147.63	389.72 lb
10	jd-mecanizada	50-0	85	12.4	806.45	105.40	222.51	0.89	243.6	216.81 lb
11	jd-mecanizada	50-0	52.5	11.9	840.34	62.48	131.89	0.53	178.62	94.23 lb
12	jd-mecanizada	50-0	47.5	12.458	802.70	59.18	124.93	0.50	168	83.95 lb

F. Ecuaciones de balance de masa para el cálculo de pérdidas de sacarosa en lb/tcm

F.1. Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de sacarosa por inversión acida debido a la formación de azúcares reductores en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) para realizar las pérdidas financieras

F.1.1. Ecuaciones para el cálculo de azúcares reductores para las pérdidas de sacarosa en el jugo primario (jp)

1. Cálculo del factor GR-jp que relaciona el contenido de azúcares reductores presente por cada 100 gramos de sacarosa con la ecuación.

$$GR-jp = [(\%AR-jp / \%Sac-jp) (100)] \quad (Ec. F.1.1.1)$$

%AR-jp= Porcentaje de azúcares reductores de jugo primario

%Sac-jp= Porcentaje de sacarosa de jugo primario

2. Cálculo de los gramos de jugo primario que contiene los gramos de azúcares reductores, a partir del siguiente arreglo: el porcentaje de sacarosa es de 100 gramos de jugo como 100% de sacarosa es de G-jp gramos de jugo primario.

$$G-jp = [(100 * 100) / (\%Sac-jp)] \quad (Ec. F.1.1.2)$$

3. Cálculo de los gramos de jugo primario que contiene los gramos de gramos de azúcares AR a gramos de azúcares reductores que contiene un kilogramo de jugo primario.

$$GAR-jp = [(GR-jp * 1000) / G-jp] \quad (Ec. F.1.1.3)$$

4. Cálculo de la sacarosa invertida en gramos por kilogramos de jugo primario (equivalentes a kilogramos de sacarosa por toneladas métricas de jugo primario) utilizando la ecuación F.1.4, considerando la relación entre destruida la sacarosa y la formación de azúcares reductores. La relación muestra que el peso de sacarosa que reacciona es un 95% del peso de los azúcares reductores formados (Osorio, 1989).

$$GSI-jp = [(GAR-jp * 0.95)] \quad (Ec. F.1.1.4)$$

5. Cálculo de las pérdidas de sacarosa en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) utilizando el porcentaje de extracción

$$PS-jp = [(GSI * 2) (\% Ext-jp / 100)] \quad (Ec. F.1.1.5)$$

$$PS-jp = [(GSI * 2) (85\% Ext-jp / 100)] \quad (Ec. F.1.1.6)$$

F.1.2.Ecuaciones para el cálculo de azúcares reductores para las pérdidas de sacarosa en el jugo diluido (jd)

1. Cálculo del factor GR-jd que relaciona el contenido de azúcares reductores presente por cada 100 gramos de sacarosa con la ecuación.

$$GR-jd = [(\%AR-jd / \%Sac-jd)(100)] \quad (Ec. F.1.2.1)$$

%AR-jd= Porcentaje de azúcares reductores de jugo diluido

%Sac-jd= Porcentaje de sacarosa de jugo diluido

2. Cálculo de los gramos de jugo primario que contiene los gramos de azúcares reductores, a partir del siguiente arreglo: el porcentaje de sacarosa es de 100 gramos de jugo como 100% de sacarosa es de Gjd gramos de jugo diluido.

$$G-jd = [(100 * 100) / (\%Sac-jd)] \quad (Ec. F.1.2.2)$$

3. Cálculo de los gramos de jugo diluido que contiene los gramos de gramos de azúcares AR a gramos de azúcares reductores que contiene un kilogramo de jugo diluido.

$$GAR-jd = [(GR-jd * 1000) / G-jd] \quad (Ec. F.1.2.3)$$

4. Cálculo de la sacarosa invertida en gramos por kilogramos de jugo diluido (equivalentes a kilogramos de sacarosa por toneladas métricas de jugo diluido) utilizando la ecuación F.1.2.4, considerando la relación entre destruida la sacarosa y la formación de azúcares reductores. La relación muestra que el peso de sacarosa que reacciona es un 95% del peso de los azúcares reductores formados (Osorio, 1989).

$$GSI-jd = [(GAR-jd * 0.95)] \quad (Ec. F.1.2.4)$$

5. Cálculo de las pérdidas de sacarosa en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) utilizando el porcentaje de extracción

$$PS-jd = [(GSI * 2) (\% Ext-jp / 100)] \quad (Ec. F.1.2.5)$$

$$PS-jd = [(GSI * 2) (20\% Ext-jp / 100)] \quad (Ec. F.1.2.6)$$

F.2 Ecuaciones para el cálculo de pérdidas de sacarosa por carga microbiana debido a la formación de Dextrana en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm)

F.2.1. Ecuaciones para el cálculo de Dextrana de las pérdidas de sacarosa en el jugo primario (jp)

1. Cálculo del factor DR-jp que relaciona el contenido de Dextrana presente por cada 100 gramos de sacarosa con la ecuación.

$$DR-jp = [(\%Dex-tjp / \%Sac-jp) (100)] \quad (Ec. F.2.1.1)$$

$\%Dext-jp$ = Porcentaje de Dextrana de jugo primario

$\%Sac-jp$ = Porcentaje de sacarosa de jugo primario

2. Cálculo de los gramos de jugo primario que contiene los gramos de Dextrana, a partir del siguiente arreglo: el porcentaje de sacarosa es de 100 gramos de jugo como 100% de sacarosa es de $DRext-jp$ gramos de jugo primario.

$$DRext-jp = [(100 * 100) / (\%Sac-jp)] \quad (Ec. F.2.1.2)$$

3. Cálculo de los gramos de jugo primario que contiene los gramos de gramos de Dextrana ($Dext$) a gramos de Dextrana que contiene un kilogramo de jugo primario.

$$GDR-jp = [(DR-jp * 1000) / DRext-jp] \quad (Ec. F.2.1.3)$$

4. Cálculo de gramos de sacarosa metabolizado en la formación de Dextrana.

$$GSM-jp = [(GDR-jp / PM\ UGS) (PM\ Sac)] \quad (Ec. F.2.1.4)$$

PM UGS = Peso molecular de la unidad glucosídica = 162

PM Sac = Peso molecular de la sacarosa = 342

5. Cálculo de las pérdidas de sacarosa en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) utilizando el porcentaje de extracción

$$LSD-jp = [(GSM-jp * 2) (\%Ext\ jp / 100)] \quad (Ec. F.2.1.5)$$

$$LSD-jp = [(GSM * 2) (85\% Ext\ jp / 100)] \quad (Ec. F.2.1.6)$$

F.2.1.Ecuaciones para el cálculo de Dextrana de las pérdidas de sacarosa en el jugo diluido (jd)

1. Cálculo del factor DR-jd que relaciona el contenido de Dextrana presente por cada 100 gramos de sacarosa con la ecuación.

$$DR-jd = [(\%Dext-jd/\%Sac-jd)(100)] \quad (Ec. F.2.1.1)$$

$\%Dext-jd$ = Porcentaje de Dextrana de jugo diluido

$\%Sac-jd$ = Porcentaje de sacarosa de jugo diluido

2. Cálculo de los gramos de jugo diluido que contiene los gramos de Dextrana, a partir del siguiente arreglo: el porcentaje de sacarosa es de 100 gramos de jugo como 100% de sacarosa es de DRext-jd gramos de jugo diluido.

$$DRext-jd = [(100*100)/(\%Sac-jd)] \quad (Ec. F.2.1.2)$$

3. Cálculo de los gramos de jugo diluido que contiene los gramos de gramos de Dextrana (Dext) a gramos de Dextrana que contiene un kilogramo de jugo diluido.

$$GDR-jd = [(DR-jp*1000)/DRext-jd] \quad (Ec. F.2.1.3)$$

4. Cálculo de gramos de sacarosa metabolizado en la formación de Dextrana.

$$GSM-jd = [(GDR-jd/PM\ UGS)(PM\ Sac)] \quad (Ec. F.2.1.4)$$

PM UGS= Peso molecular de la unidad glucosídica= 162

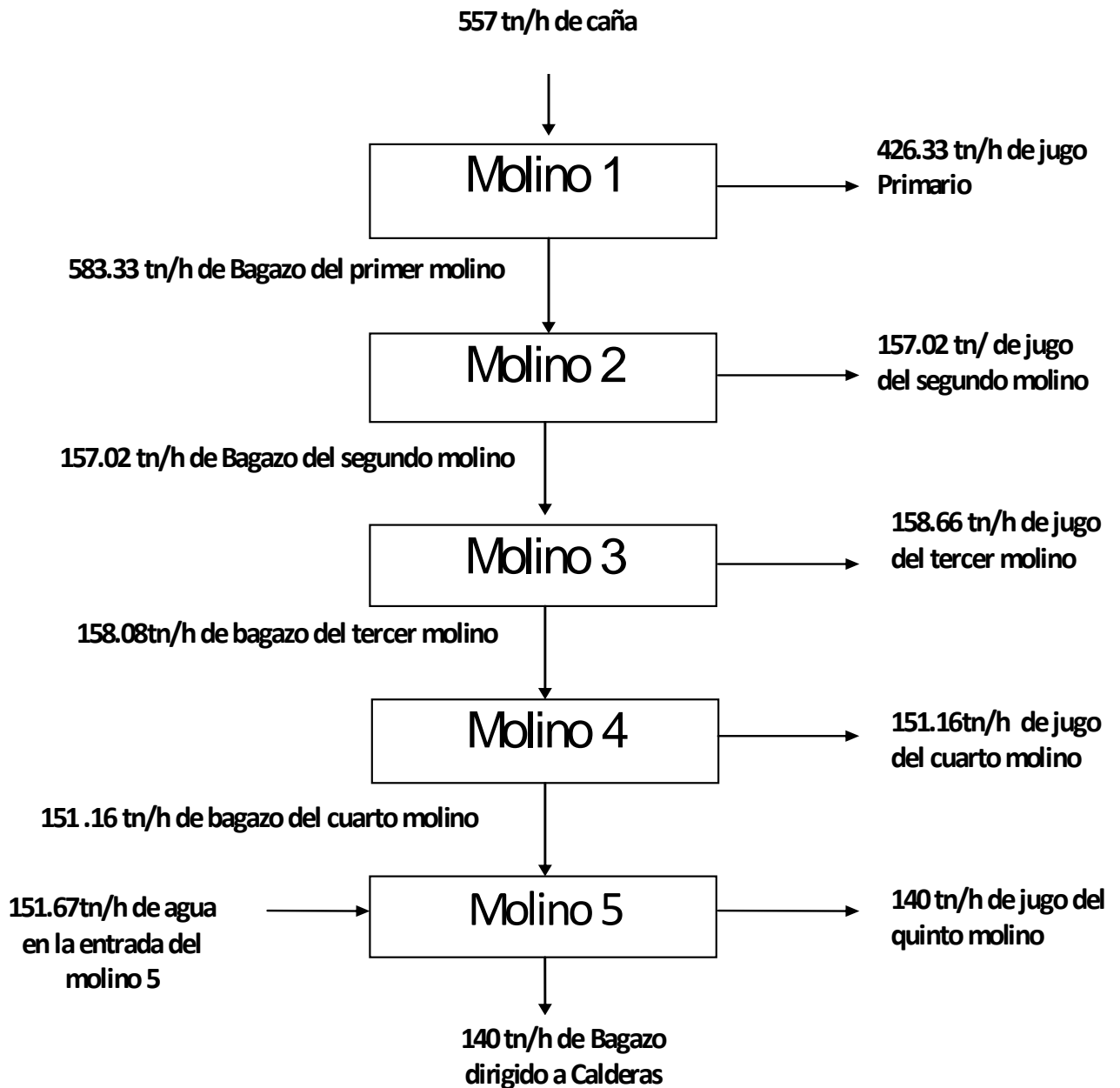
PM Sac= Peso molecular de la sacarosa =342

5. Cálculo de las pérdidas de sacarosa en libras por toneladas métricas corta de caña molida (lb/tcm) utilizando el porcentaje de extracción

$$LSD-jd = [(GSM-jp*2)(\%Ext\ jd/100)] \quad (Ec. F.2.1.5)$$

$$LSD-jd = [(GSM-jp*2)(85\%Ext\ jd/100)] \quad (Ec. F.2.1.6)$$

G. Balance de masa del proceso de Extracción para la obtención de sacarosa



H. Análisis de Carga Microbiana

H.1. Análisis de carga microbiana sin aplicación de bactericida

Tipo de Análisis	Puntos de Muestreo sin aplicación de Bactericida																
	M1E	M1S	M2E	M2S	M3E	M3S	M4E	M4S	M5E	M5S	TM1	TM 2	TM 3	TJC	C1	C2	TJD
Mesófilos	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300x10 ³	300x10 ³	18 x10 ²	18 x10 ²	18 x10 ²	18x10 ²	18x10 ²	18x10 ²	18x10 ²	19x10 ²	19x10 ²	19x10 ²
Mohos	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	10x10	10x10	10x10
Coliformes Totales	> 1100	> 1100	> 1100	> 1100	> 1100	> 1100	> 1100	460	460	460	460	460	460	460	460	490	490
Coliformes Fecales	460	460	460	460	460	460	460	240	240	240	240	240	240	240	240	290	290
Staphylococcus	4x10 ²	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100
E.coli	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.
Levadura	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.
Salmonella	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.
Fecha de realizacion :17/02/12																	

H.2. Análisis de carga microbiana con aplicación de bactericida

Tipo de Análisis	Puntos de Muestreo con Aplicación de bactericida Magnacide D																
	M1E	M1S	M2E	M2S	M3E	M3S	M4E	M4S	M5E	M5S	TM1	TM 2	TM 3	TJC	C1	C2	TJD
Mesófilos	29 x10 ⁴	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	300 x10 ³	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10	15x10
Mohos	15x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	9x10	4X10	4X10	4X10	4X10	4X10	4X10	4X10	4X10	4X10
Coliformes Totales	460	460	460	460	460	460	460	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
Coliformes Fecales	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Staphylococcus	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100	< de 100
E.coli	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.	P.
Levadura	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.
Salmonella	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.
Fecha de realizacion :27/03/12																	

P: Positivo

N: Negativo

Unidad de medida: unidades formadoras de colonias por mililitros de muestra (ufc/ml)

